
hobby
Bücherei
Band IX
Ernst Pfau
Zauberwort
Stereo
Musik hören -
aber wie
Mit einem Beitrag
von Esther Ofarim

Ernst Pfau

ZAUBERWORT STEREO

Musik hören — aber wie

Zusammenstellung und Bearbeitung:

Ing. Alois Hach · Heinz F. W. Hinze

Layout: Hugo Schöttle

Umschlag und Grafik: Gerhard Gerstberger · Julius Kirn

Titelfotos: Werner Roelen · Archiv der Staatsbibliothek Berlin

Postanschrift: 7000 Stuttgart 1, Postfach 1215

Bisherige Gesamtauflage der hobby-Bücherei:

750 000 Exemplare.

Druck: Gebr. Rath, Stuttgart · Printed in Germany

Inhalt

Für die Mitwirkung an dem entwicklungsgeschichtlichen Teil dieses Buches danken wir Herrn von Bohlsdorf und den Autoren des Telefunken-Archivdienstes.

Bilder und Zeichnungen von:

AEG, Agfa, dpa, hifi-electronic, hobby-Archiv, Paillard-Bolex, Saba, Telefunken-Archiv, Ullstein, Ludwig Windstosser.

Es begann mit einem Schrei

Ein Geleitwort von Esther Ofarim

Als der erste Mensch das Licht der Welt erblickte, stieß er einen Schrei aus. Und immer wenn in den nachfolgenden Jahrtausenden irgendwo auf der Erde ein Mensch geboren wurde, begleitete ein Schrei seinen Eintritt ins Leben.
War es ein Freudenschrei, ein Schrei der Lust? Oder ein Angstschrei, ein Schrei aus Furcht? Ein Schrei des Zornes oder ein Warnschrei unseres Unterbewußtseins? Ich weiß keine Antwort.
Aber ich weiß, daß dieser Schrei der erste Laut unserer Sprache ist, in welchem Land wir auch immer leben, der erste Ton des ersten Liedes, das wir irgendwann einmal zu singen beginnen.
Die Jahre danach machen aus uns kleinen Individualisten eine graue Masse amorpher Wesen: Wir lernen die Schreie der Freuden und der Lust zu nuancieren, die Schreie der Angst und der Furcht zu modulieren, die Schreie des Zorns und der Wut zu akzentuieren.
Aber ich meine: ein Schrei ist nackt, und er muß es bleiben, denn er kommt aus der Seele. Das muß man spüren.
Der Schrei ist intim, ob er mich trifft, ob ich ihn ausstoße. Er ist Protest und Klage zugleich. Er überstimmt die Sprache unseres Alltags. Klagelieder — seit Jahrtausenden in allen Idiomen der Menschheit gesungen — gehören zu den kostbarsten und eindringlichsten Schöpfungen der Musik. Ihren tiefen Sinngehalt beschwört noch das zarteste Pianissimo ebenso wie die brutal laute und peitschende Faszination elektronischer Wiedergabe.
Was immer man vom Schrei und den aus ihm geformten Liedern halten mag, seine Wirkung ist nicht zu unterschätzen. Er ist, wie es ein kluger Forscher und Psychologe einmal formulierte, „ein höchst musikalisches Mittel, um ein Erleben, das aus den Tiefen des Blutes hervorgehoben wird, mit hellstem Bewußtsein darzustellen; aber nicht, um es für die Vorstellung zu spiritualisieren, sondern um den Zuhörer aufs neue der Dämonie des Unbewußten anheimzugeben."



Ich habe dieses Phänomen in einige meiner Lieder aufgenommen und es von fast allen Bühnen Europas herunter, in den Städten des Nahen Ostens und in den großen Konzertsälen Amerikas erprobt. Immer hatte ich den Eindruck, daß meine Zuhörer speziell diesen Liedern — weil sie eine menschliche Story erzählen — mit ganz besonderer Anteilnahme folgten. Es war oft, als protestierten sie, zusammen mit diesen Liedern, gegen die festgefahrene und so oberflächliche Sphäre ihrer persönlichen Welt.
Das Lied, das eine Geschichte erzählt, ist laut wie ein Schrei. Das heißt, es ist eine letztlich aus dem Schrei entwickelte Kunstform. Egal ob ich es allein oder mit Abi singe, egal ob es Rhythmus oder Raffinesse begleiten, egal ob es verhalten oder gar schüchtern klingt.
Das gute Lied ist wie ein gutes Gedicht: Nicht die Phonstärke und nicht die markigen Worte machen seinen Wert aus. Strophen und Verse leben von ihrem Gehalt und von ihrer inneren Spannung.
Sie können die Probe aufs Exempel selber machen. Vielleicht legen Sie eine von Abi und mir besungene und bespielte Platte auf, falls Sie oder jemand in Ihrem Bekanntenkreis zufällig eine besitzen. Drehen sie dann den Lautstärkeknopf bis zum Anschlag in beiden Richtungen. Sie werden merken, daß es nicht die Lautstärke ist, die unseren Liedern Geltung verschafft, und daß wir Melodramatik nicht kennen. Aber Sie werden unschwer heraushören können, was ich Ihnen mit diesen Zeilen nahezubringen versuchte.
Ich weiß nicht, ob es gelang. (Denn wenn ich wirklich eine Begabung habe, so liegt sie ganz sicher nicht in der Tinte und in der Feder.) Es bleibt mir die Hoffnung, daß Sie verstehen, was ich will, wenn ich ein Konzertpodium betrete, mich einem Mikrofon anvertraue und gar mit Hilfe einer Schallplatte Ihre Türschwelle übertrete.
Sie werden mir als Frau nachsehen, daß ich die rätselhafte Welt der Technik, die fast täglich in Schallplattenstudios, Rundfunk- und Fernsehhäusern, auf Bühnen und Konzertpodien auf mich einstürmt, respektvoll übergangen habe. Es gibt Berufenere als mich, Ihnen diese Mysterien zu interpretieren. Außerdem: Die hobby-Bücherei will Ihnen ja gerade mit der vorliegenden Ausgabe das Tor zur Wunderwelt der Mikrofone und Schallplatten, der HiFi-Stereoanlagen und der Rundfunkgeheimnisse aufstoßen — dieser Wunderwelt, der Abi und ich so unendlich viel verdanken.
Ich durfte mich daher begnügen, Ihnen etwas ganz Persönliches von mir und von der Musik zu erzählen. Ich tat es mit viel Freude. Es war das erstemal überhaupt, daß ich für ein Buch schrieb.

Esther Ofarim

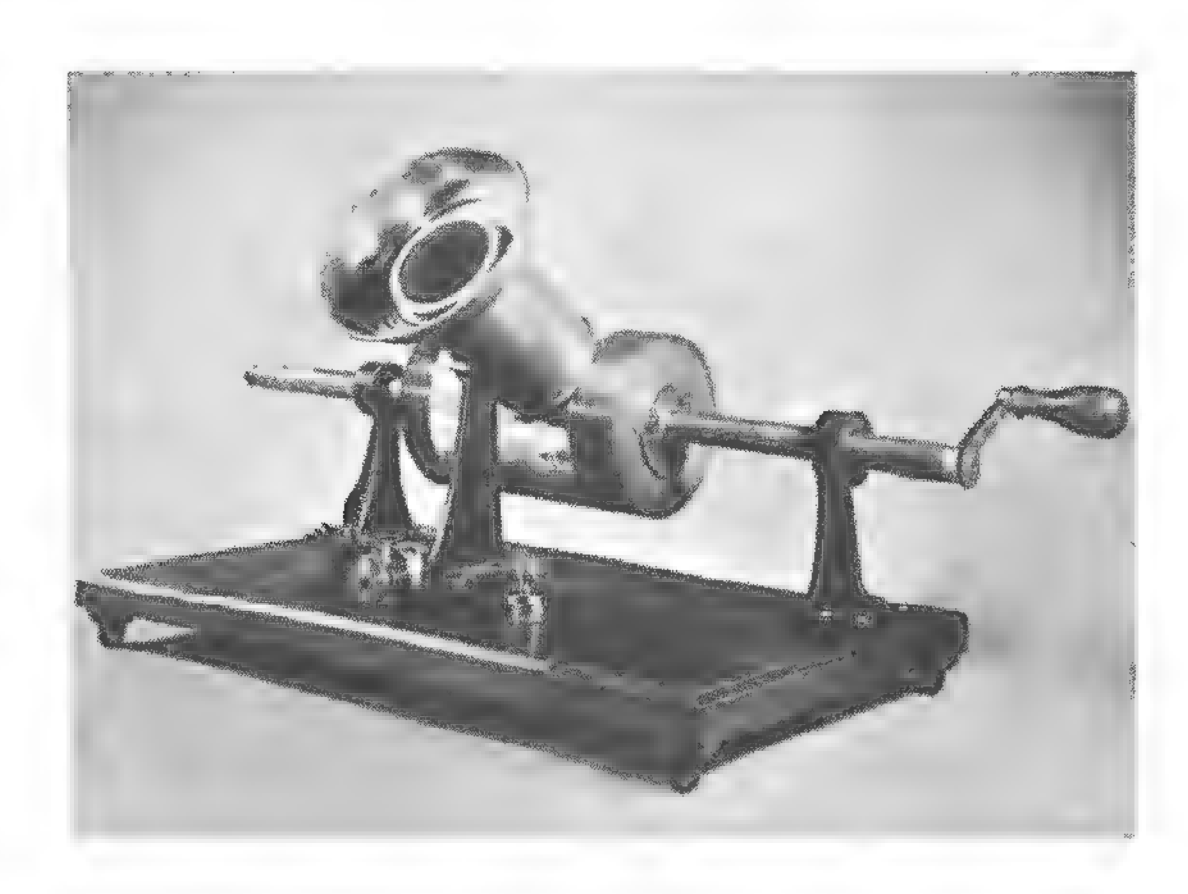
Von der Walze zur Mikrorille

Die schreckliche Vision des großen Fabulierers Jean de La Fontaine war Wirklichkeit geworden: Die Maschinen sprachen. Mit einem Monstrum aus Gußeisen, Blech und paraffingetränktem Papier verbrachte Thomas Alva Edison die Nacht zum 18. 7. 1877 im Labor der *Western Union* in Menlopark, unweit von New York. Aus einer Kreuzung von Alexander Graham Bells höchst unvollkommener Telefonerfindung mit einer Art Drehbank und dem Zubehör einer Membran mit Stichelspitze war ihm soeben die Erschaffung einer 'Narrenwalze', des Phonographen, gelungen. „Hallo", sagte er aufgeregt gegen die Membran, als er einen eingewachsten Papierstreifen über den Stichel zog. Und Schweiß tropfte ihm von der Stirn, als er den Papierstreifen mit der gleichen Geschwindigkeit ein zweites Mal über die Nadel führte. Wie aus einer anderen, fernen Welt kam die Antwort der Maschine — „Hallo!"

Am 19. 2. 1878 wurde Edisons Sprechmaschine patentiert, wenig später die *Edison Speaking Phonograph Company* gegründet.

Europa reagierte skeptisch. Der britische Zeitungskritiker W. H. Preece erklärte spitz: „Dieser Apparat kann, genau gesagt, nur die Parodie einer Stimme reproduzieren. Mehr nicht."

Verzweiflung bemächtigte sich schließlich der Herren Easton und Cromlin, zweier Stenografen des Obersten Gerichtshofes in Washington. Für ihre Ersparnisse hatten sie mehrere hundert Sprechmaschinen bauen lassen und sie als Diktiergeräte an die Regierung verkauft. Aber als völlig unzureichend



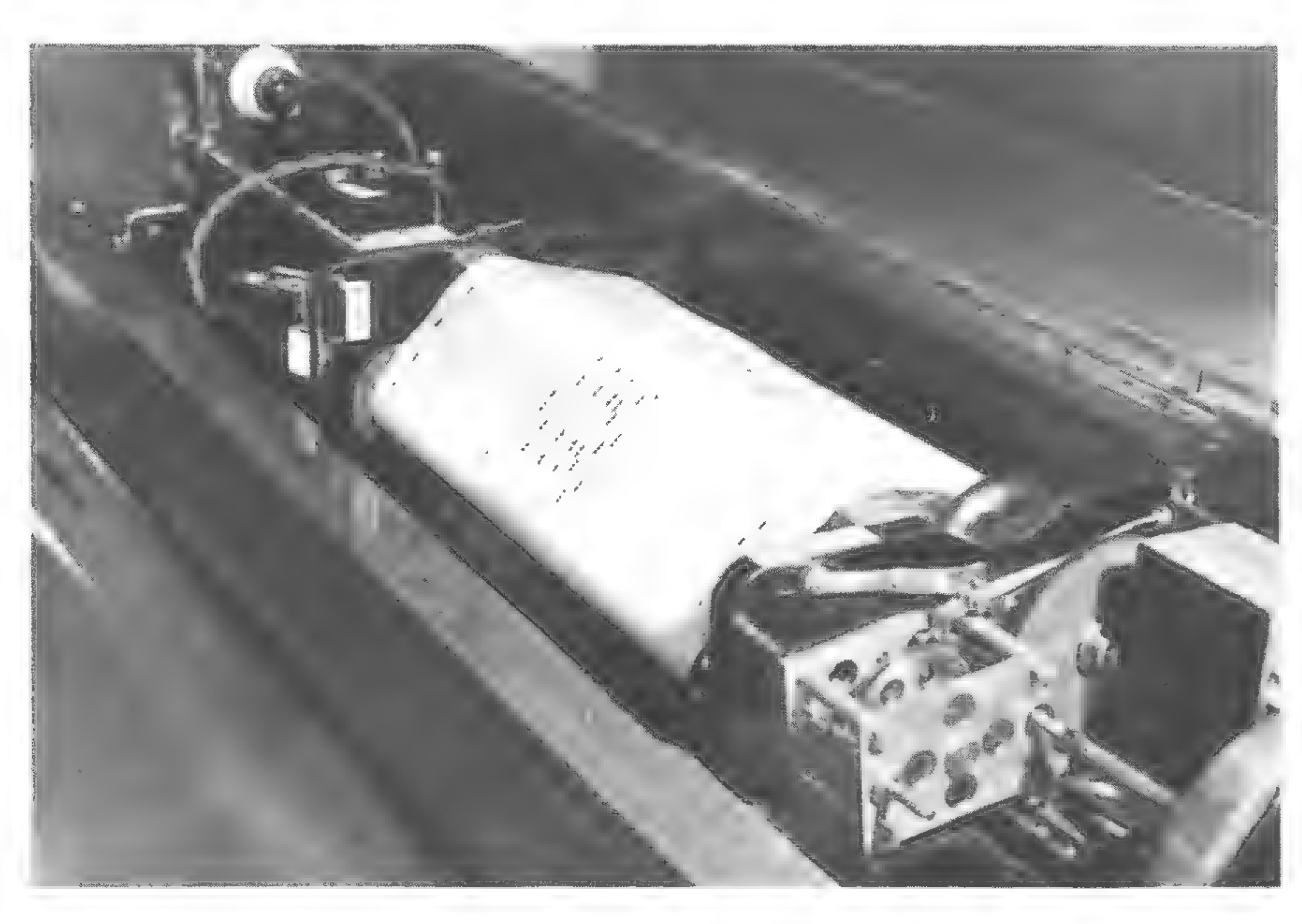
Narrenwalze, Sprechmaschine, Phonograph — drei Namen für diese Erfindung, die 1877 den erst dreißigjährigen Thomas Alva Edison, den Zauberer von Menlopark, mit einem Schlage weltbekannt machte

deklarierte das Weiße Haus die Apparate und lieferte sie wieder zurück. Die persönliche Pleite und der Konkurs ihrer jungen Firma *Columbia Phonograph Company* schienen unabwendbar. Als rettender Engel entpuppte sich ein Marktschreier und Schausteller. Gegen bares Geld nahm er ihnen 50 Phonographen und eine große Anzahl Walzen mit den Stimmen prominenter Künstler ab und ließ an jedes Gerät noch zehn Höhrrohre, „die man sich in die Ohren stecken kann", anschließen. Er schuf damit die Attraktion aller Marktplätze und Vergnügungshallen.

Die Gerichtsstenografen waren gerettet. Sie blieben im Phonogeschäft. Ihre Firma *Columbia* wurde zur Wiege aller Schallplattenkonzerne der Welt.

Der britische Uhrmacher Charles Sumner Tainter machte sich inzwischen daran, aus dem Phonographen einen Graphographen zu schaffen: Er legte eine dauerhafte Wachsschicht um seine Walzen, die 24 Zentimeter lang und zwei Zentimeter dick waren, und ersetzte Edisons starre Stichelspitze durch einen Saphir, den er auf eine federnde Membran aus Glimmer montierte. Auch Edisons 'Drehbank' mit der Handkurbel konstruierte er um: Ein Fußpedal garantierte von nun an das gleichmäßige Abspielen der Walzen.

Im Mai 1885 wird das Graphophon patentiert, und im Juni 1887 gründet Tainter mit dem Telefonerfinder und ehemaligen Taubstummenlehrer Bell in Washington die *American Graphophone Company.* Die Zeit arbeitet für



Tainter — und Tainter für die große Weltausstellung 1893 in Chicago: Er koppelt 20 Aufnahmetrichter zu einer Batterie, besorgt sich ein Klavier und engagiert den siebzehnjährigen Fred Gaisberg, den besten Schüler des bekannten Klavierlehrers Henry Xander in Washington, als Pianisten. Der zweite Künstler ist der Ire Dan Donovan.

Tainter überprüft noch einmal die 20 Wachswalzen, setzt die 20 Saphire auf und richtet die 20 Aufnahmetrichter. Dann wirft sich ein Ansager in die Brust: „Meine Damen und Herren! In diesem Augenblick werden Sie Zeugen einer Weltsensation. Graphophon, die sprechende Maschine, vermittelt Ihnen ein künstlerisches Ereignis."

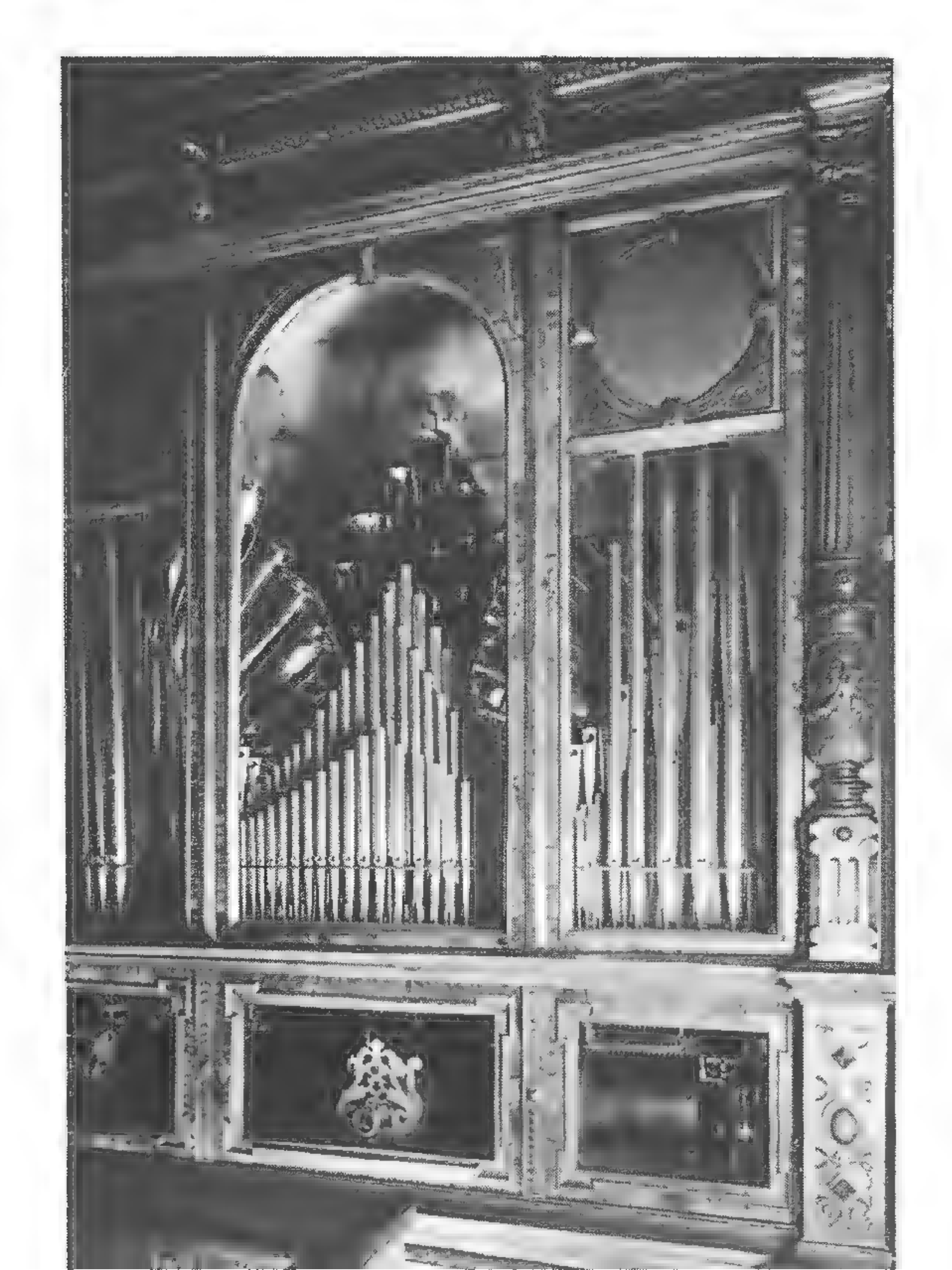
Siebzigmal schmettert Donovan den Song 'After the ball was over' in die gähnenden Trichter, siebzigmal klimpert der ausgehungerte 'Professor' die Melodie herunter, dann ist das Pensum geschafft: 1400 (eintausendvierhundert!) Wachswalzen liegen für die Weltausstellung bereit. Dort wird Tainter sie abspielen lassen, von eigens dafür konstruierten Graphophon-Automaten, sobald eine Nickelmünze deren Wiedergabemechanismus auslöst.

Automatic Phonograph Parlors nennen clevere Geschäftsleute ihre Hallen, Salons und Schaubuden, die sie für Tainters Musikautomaten — die ersten Musikboxen — errichten und die sie in kurzer Zeit reich machen.

Reich werden auch die großen Stars der *Nickel-in-the-slot-machines*

Das Orchestrion aus dem Heimatmuseum von Triberg (Schwarzwald) ist ein besonders eindrucksvolles Beispiel in der Reihe der großen Musikmaschinen von Anno dazumal (rechts).

Im Steinway-Flügel ein Welte-Mignon-Abtastgerät mit Lochstreifen. Er hat genau alle Nuancen der Dynamik, der Rhythmik und der Phrasierung im Spiel des Pianisten festgehalten (links).



Len Spencer ist der erste Walzenstar, der sich eine Assistentin leisten kann: die attraktive Ada Jones, eine in Manchester/England geborene Einwanderin. Ihr Name läuft über den Ozean bis nach Berlin. Und wenn auch der Reichskanzler-Fürst Bismarck am 7. Oktober 1889 („Jetzt möchte ich die vielgerühmte Maschine kennenlernen, von der behauptet wird, daß sie sprechen und musizieren kann") nicht ihre Stimme, sondern den Radetzkymarsch und Lilli Lehmanns Arie aus der Oper 'Norma' von einer Walze zu hören bekommt, so ist es doch ein Deutscher, der aus Len Spencers Assistentin einen Weltstar macht: Emil Berliner.

Vier Wochen nach dem Tag, an dem ein Bevollmächtigter der *American Trading Company* dem deutschen Kanzler die amerikanische Sprechmaschine vorführte, gibt Emil Berliner den Erfindungen Edisons und Tainters den Todesstoß, als ein *Elektrotechnischer Verein zu Berlin* ihn auffordert, sein Grammophon vor einem geladenen Publikum 'in Szene zu setzen'.

Zwanzig Jahre alt, war Emil Berliner aus Hannover 1870 nach Amerika ausgewandert. Sein erstes Brot in der Neuen Welt verdiente er sich als Flaschenspüler beim späteren Sacharinkönig Fahlberg. Seine geistigen Interessen aber befriedigte er in den technischen Abteilungen der Bibliotheken von New York und Washington. Eines Tages marschierte er mit einem Seifenkarton zur *Bell Telephone Company.* Für den Inhalt des Kartons zahlten ihm die Telefonleute 75000 Dollar auf die Hand: Der Mann aus Hannover hatte ihnen das Mikrofon gebracht, das er — nach den Prinzipien aller erfolgreichen Mikrofone der Vergangenheit und Gegenwart — zusammengebastelt hatte.

1873 reiste Emil nach Hannover zurück — die Tasche voller Lizenzen — und gründete dort mit seinem Bruder die *Josef-Berliner-Telephon-Fabrik,* die künftig das Deutsche Reich mit Fernsprechern versorgte.

Zehn Jahre danach zog es Emil Berliner wieder nach Amerika. Und wieder fing er an zu basteln. Diesmal war es kein Seifenkarton, in dem er seine neue Erfindung verbarg, als er 1889 mit ihr erneut nach Deutschland zurückreiste. Seinen Zuhörern in der Reichshauptstadt erklärte er sie so:

„Meine Herren! Sie hörten eben eine Trompete, die vor acht Wochen gespielt wurde. In Washington. Mein Grammophon hat diese Klänge aufgenommen und gab sie jetzt vor Ihnen wieder. Es gibt sie so oft wieder, wie Sie oder ich das möchten. Meine Erfindung fußt auf Entdeckungen des Franzosen Léon Scott, der 1859 Schallwellen als Linien auf einer mit Ruß geschwärzten Walze festhielt. Ich benutze jedoch keine Walze mehr, sondern eine flache Zinkscheibe. Von dieser Platte kann ich so viele Kopien ziehen, wie ich will, und jede Kopie ist eine dem Original gleichwertige Schallplatte . . ."

Riesige Aufnahmetrichter waren 1889 wichtige Requisiten für den Techniker, der ein Klavierstück möglichst originalgetreu auf die Walze des Phonographen bannen wollte.



Emil Berliner — der Amerikaner aus Hannover — konstruierte Mikrofone, bevor er zum erfolgreichen Erfinder des Grammophons und der Schallplatte wurde.

Bevor Emil Berliner nach Amerika zurückreist, schließt er mit der *Puppenfabrik Kämmerer und Reinhardt in Waltershausen* einen Vertrag über die Herstellung von Grammophonen mit Handkurbelbetrieb. Verkaufspreis: etwa 8 Gulden inklusive sechs Schallplatten. In Washington engagiert er bald darauf den Straßenhändler John O'Terell wegen dessen sonorer Stimme und läßt ihn das Vaterunser auf Platten sprechen. Es wird Emil Berliners erster Bestseller.

Emile Berliner — er hat seinem Vornamen inzwischen ein e hinzugesetzt — braucht Geld. Seine Patente sollen es ihm bringen. Zu diesem Zweck gründet er die *United States Grammophone Company* in Washington. Zu seinen





Koffergeräte sind nicht ein Symptom unserer Zeit – auch Edisons Phonograph wurde schon in 'Kofferausführung' geliefert. Zu den ersten Walzenstars gehörte auch der größte Tenor aller Zeiten: Enrico Caruso (rechts).

engsten Mitarbeitern zählt wiederum ein Mann aus Deutschland: ein weißhaariger, genialer Mechaniker, der in der Fachwelt einen klangvollen Namen hat — Werner Suess. In Deutschland hatte Suess für den wohl bedeutendsten Naturwissenschaftler des 19. Jahrhunderts, Robert W. Bunsen, und für den Physiker H. L. F. von Helmholtz gearbeitet und in England für Thomas Henry Huxley, den berühmten Anatom und Physiologen, mechanische Modelle entworfen.

Unter den Columbia-Leuten aber war Emile Berliner vor allem Fred Gaisberg aufgefallen. Er hielt den inzwischen einundzwanzigjährigen jungen Mann für den geborenen Programmdirektor. Zu dritt gingen sie ein Problem an, das ihnen am meisten zu schaffen machte: die Verbesserung der Schallplatte, die — bisher aus Hartgummi hergestellt — nur eine Abspieldauer von einer Minute erreichte.

Zufällig entdeckte Emile Berliner, daß die *Bell Telephone Company* ihre Apparategehäuse nicht mehr aus Eisenblech herstellen ließ, sondern neuerdings ein Gemisch aus Ruß, Schellack und Steinmehl dafür verwendete. Er berichtete Suess und Gaisberg seine Beobachtung. Suess erstellte danach eine Analyse der richtigen Mischung für ihre Zwecke und Gaisberg produ-

zierte eine besonders gelungene Aufnahme des Liedes 'Twinkle, twinkle, little star', die er in Zink ätzen ließ. Als sie wenige Tage später die erste mit diesem Song gepreßte Schallplatte auf Berliners Grammophon legten und aus dessen Trichter, in bislang unbekannter Reinheit und ohne störende Nebengeräusche, das 'Flimmere, flimmere, kleiner Stern ...' an ihre Ohren drang, weinten alle drei.

Sie hatten es geschafft, eine Schallplatte herzustellen, die man beliebig oft abspielen konnte. Und nicht nur das. Emile Berliner und Werner Suess wußten, daß die neue Platte zugleich als Matrize zu verwenden war, von der man wiederum beliebig viele Aufnahmen pressen lassen konnte.

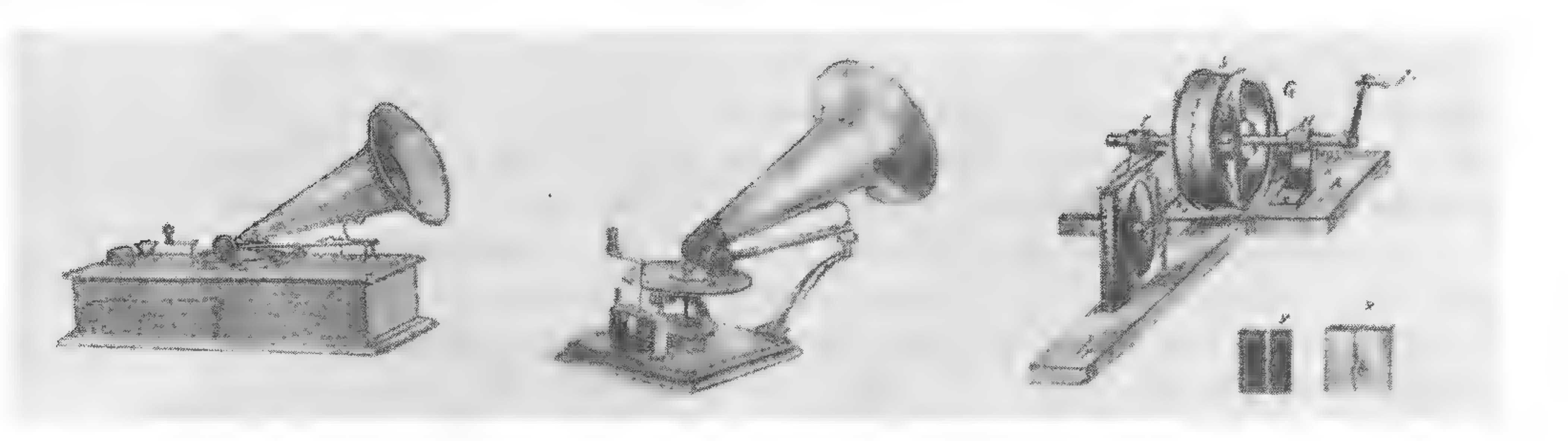
Am 26. September 1887 meldet Emile Berliner auch die Schellackplatte zum Patent an. Der Erfinder des Grammophons und der schwarzen runden Scheibe wird hoch geehrt. Am 16. Mai 1888 darf er im Benjamin-Franklin-Institut in Philadelphia seine 'sprechenden, singenden und musizierenden Maschinen' vorführen. Die Ehrungen aber lassen sich leider nicht in Geld ummünzen. Und Geld braucht Emile Berliner erneut, wenn er seine Schulden bezahlen will, die ihm seine Erfindungen verursachten.

Einige Wochen später trifft Emile in Boston ein. Er hat sich entschlossen, in die Höhle des Löwen zu gehen. Jetzt sitzt er den Allgewaltigen der *Bell Telephone Company* gegenüber. Er führt ihnen sein bestes Grammophon vor, er beschwört visionär die große Zukunft seiner Erfindung, er bittet schließlich ganz offen, ihn finanziell zu unterstützen.

Endlich räuspert sich ein wohlbeleibter Direktor. „Ein spaßiges Ding, das Sie da haben, Mister Berliner. Aber häßlich, häßlich!" Emile findet sein Grammophon mit dem elegant geschwungenen Trichter keineswegs häßlich, aber die Herren sind Kaufleute, und er will ihr Geld. Also sagt er: „Ich könnte vielleicht ..." Weiter kommt er nicht. Der Direktor winkt ab.

So geht es noch Jahre. Dann bricht der Bann. Am 8. Oktober 1895 kann Emile Berliner seinem künstlerischen Oberleiter Fred Gaisberg erklären: „Es ist erreicht, Junge. Alles wird gut." Am Vormittag hatte er die *Berliner Grammophone Company*, Sitz Philadelphia, aus der Taufe gehoben. Die Finanziers, vorausschauende Kaufleute, hatten 25 000 Dollars auf den Tisch geblättert. In der Filbert Street mieteten sie eine elegante Geschäftsstelle und in der Kastanienavenue eröffneten sie das erste Ladengeschäft. „Es muß nach was aussehen, wenn man Ihre Grammophone verkaufen will, Mister Berliner. Nehmen Sie dickes Glas für die Schaufensterscheiben, die Leute werden sich die Nasen einstoßen." Emile Berliners Ruf hatte sich inzwischen auch in Deutschland gefestigt. Immer wieder las er Werner Suess und Fred Gaisberg die renommierte *Vossische Zeitung* vor, in der ein offensichtlich von H. L. F. von Helmholtz inspirierter Artikel eingerückt war:

'In dem Foyer des Belle-Alliance-Theaters wurde einer Anzahl geladener Gäste Emil Berliners 'Grammophon' gezeigt, das dem Edison'schen Phonographen den Rang streitig macht und sehr Tüchtiges leistet. Das Grammophon gibt die aufgenommenen Töne, die menschliche Sprache sowohl als auch Musik, gut und getreu wieder. Besonders gelingt dem Grammophon Berliners die Wiedergabe mehrstimmiger Musikstücke, welche nahezu tadelfrei und getreu in der Klangfarbe der einzelnen Instrumente und Stimmen zum Ausdruck gelangen . . .'
Emile Berliner lächelt, wenn er den Zeitungsausschnitt wieder in seine Brieftasche schiebt. In Frankreich hätte er nicht gelächelt. Noch immer gilt dort Edisons 'Apparat, der die Welt verrückt macht', als das einzig große Spektakel des ausgehenden Jahrhunderts. Hunderttausende pilgern zu den Phonographen mit den Hartgummitrichtern, die 'Musik machen, ohne daß Orchester oder Sänger zu sehen sind'.
Das Bombengeschäft läßt dem ungelernten Metzger, späteren Bistrokellner und derzeitigen Advokatenschreiber Charles Pathé keine Ruhe. Er ist 30 Jahre alt, und der Anwaltskram in der Rue de Rivoli macht ihm weniger als keinen Spaß. Ja, sein Bruder, der ist ein Kerl! Der kauft und verkauft Schnaps, Tabak und Zigarren. En gros!
Man nennt die Brüder Pathé zeitweilig die 'Schlitzohren'. Weil sie aus dem Elsaß stammen. Und weil sie ihren Familiennamen geändert haben.
Die Brüder Pathé fahren zum großen Messe-Jahrmarkt nach Vincennes. Es ist sehr lustig. Aber dann geraten sie in eine große Schaubude. „Kein Geisterspuk", schreit der Mann an der Kasse. „Die Wahrheit ist immer das beste! Meine Edison-Phonographen bieten wahre Kunst. Die Kunst der Welt. Für nur zwei Sous sind Sie dabei, wenn die berühmten Interpreten der Neuen Welt zu singen und zu musizieren beginnen. Für nur zwei Sous!"



Plattenspieler im ersten Stadium ihrer erstaunlichen Entwicklung – mit dem charakteristischen Schalltrichter und Handkurbelantrieb.

Charles und Emile Pathé sind dabei. Vor allem Charles, der sieht, daß Tausende zur Kasse drängen, erregt, gespannt, neugierig, rücksichtslos . . .
Wieder in seinem Büro, beginnt er zu rechnen. Der Mann an der Kasse hatte gesagt: „Ein Phonograph? Was der kostet? Das können Sie nie bezahlen! Oder haben Sie vielleicht 1000 Francs im Sack?" Also 1000 Francs, rechnet Charles Pathé. Und nochmal 1000 für Walzen, für eine kleine Bude oder ein Zeltdach. Und dann noch zu Anfang etwas für ein paar Transparente und für die Platzmiete. Mehr als 2000 Francs also. O Gott!
Charles läßt seinen Advokaten sitzen, pumpt alle willigen Freunde an und — dann kommt der 9. September 1894.
Charles Pathé ist wieder in Vincennes. Keine zwei Wochen nach seinem ersten Besuch. Diesmal steht er unter einem kleinen provisorischen Dach. Um ihn herum eine Menschentraube. Mit völlig heiserer Stimme redet er auf sie ein. „Die Wahrheit ist immer das beste. Mein Edison-Phonograph bietet wahre Kunst. Die Kunst der Welt. Mit zwei Sous . . ."
Todmüde fährt Charles am Abend zurück nach Paris. Berge von Soustücken schüttelt er aus seinen Taschen. Seine schöne Frau hilft ihm zählen.
Dann geht es Schlag auf Schlag. Bruder Emile verkauft seinen Im- und Exportladen. Im Pariser Vergnügungsviertel, an der Place Pigalle, eröffnen sie eine Kneipe mit Phonographen. Im Vorort Belleville pachten sie eine vergammelte Schlosserei, in der sie Edisons Phonographen nachbauen lassen. Als Fabrikmarke wählen sie Frankreichs Symbol, den gallischen Hahn, und 1896 wird die Firma *Pathé-Frères Gesellschaft für Sprechmaschinen* gegründet.
Stolz wie Frankreichs Hahn dampft Emile Pathé über den Ozean. Thomas Alva Edison empfängt ihn überschwenglich. Von ungeahntem Wert aber sind die 'Souvenirs', die Charles nach Europa mitbringt: Ein Vertrag, der ihm den Alleinvertrieb des Edison-Phonographen für ganz Europa sichert; ein zweiter Vertrag, der ihm die Auswertung des von Edison inzwischen noch erfundenen Kinetoscope und der dafür gefertigten Filmstreifen überträgt. Zwei Massenmedien von weltweiter Bedeutung — Phonographie und Film — schließen damit einen Bund fürs Leben — unter den Fittichen von Charles und Emile Pathé. Sie haben gut krähen!
Schließlich vergolden sie ihren Wappenhahn, indem sie Louis Jean Lumière und seinem Bruder Auguste Marie Louis Nicolas deren Erfindung, den Kinofilm, abkaufen und die ersten europäischen Filmstudios eröffnen: Sarah Bernhardt, die Mistinguett und Yvette Gilbert sind ihre Topstars. Und als aus der *Pathé-Frères* dann die *Pathé-Marconi* wird, die sich von Walzen auf Platten umstellt, singen Lucienne Boyer, Gilbert Becaud, Edith Piaf, Josefine Baker ihrem Charles Pathé sogar das Kreuz der Ehrenlegion an den Hals. —

Emile Berliners 25 000 Dollar aber verzinsen sich nicht. Das Geschäft stagniert. Bis ihm in Camden/New Jersey, in einer miesen Bretterhütte, der Nähmaschinen- und Uhrwerksmechaniker Eldridge R. Johnson begegnet. Was sie gemeinsam austüfteln, ist eine neue Sensation: ein Antriebswerk mit einer Feder, das die lästige, ungleichmäßige Handkurbelei am Grammophon ersetzt.
„Das ist ein Ding!" meint auch Frank Seaman aus New York, ein Kaufmann mit dem Geschäftssinn eines orientalischen Teppichhändlers und dem zarten Gemüt eines Leichenbestatters. Was Wunder, daß er Emile Berliner den Alleinvertrieb seiner Apparate und Schallplatten für ganz Amerika abhandelt und dazu die *Seaman National Gramophone Company* gründet.
Alle Zeitungen in den USA bringen eine Annonce: 'Gramophone, die beste Maschine der Welt, die eine natürliche Sprache spricht. Jetzt auch mit Uhrwerk!' Und Eldridge R. Johnson muß seine Bretterhütte abreißen und im Hafengelände Philadelphias eine Fabrik errichten — für einen Ausstoß von 1000 Grammophonen pro Tag. Denn Seaman entwickelt inzwischen auch das Geschäft auf Teilzahlung — die Raten — und bringt 1897 sogar eine verbesserte Apparatur, das 'Improving Gramophone', auf den Markt.
„Großes Kultur in Germany", stichelt Frank Seaman, „aber nix Grammophone!" Das sitzt. Tief und lange. Auch deswegen, weil inzwischen ein alter Schwede, Carl Lindström aus Södertälje, in Berlin gute Geschäfte mit Sprechmaschinen macht: Marke 'Parlophon'.
Darum reisen am 1. Juli 1898 Emile Berliners Vertrauter Fred Gaisberg und Frank Seamans Geschäftsfreund, der Walfischfängerssohn William Barry Owen, nach Europa. In London errichten sie eine Geschäftsstelle und bombardieren — getreu der Frank-Seaman-Masche — Englands Zeitungsleser mit Inseraten.
Emile Berliner wird alarmiert. Und während Owen mit ganzseitigen Inseraten das Grammophon als 'Home Entertainer' (Heimunterhalter) anpreist und Gaisberg Zinkscheiben-Aufnahmen macht, die zunächst wieder in die USA verschifft und dort auf Platten gepreßt werden, bevor sie zum Verkauf nach London zurückkehren, reist ein Neffe Emiles nach Hannover zu Joseph Berliner, dem Telefonfabrikanten. In Sanders' Gepäck befinden sich vier nagelneue hydraulische Schallplattenpressen: Made by Eldridge R. Johnson. Als er Hannover wieder verläßt, braucht Gaisberg seine Zinkaufnahmen nicht mehr nach Camden zu schicken: Joseph Berliner nimmt ihm die Arbeit ab. Er hat, im Einvernehmen mit Bruder Emile, die *Deutsche Grammophon Gesellschaft* gegründet. William Barry Owen aber bleibt Boß des Europa-Hauptquartiers in London. Er tauft die Firma aus finanztechnischen Gründen um. Sie heißt jetzt *The Gramophone Company Limited,* und er hat Agenturen



Bedienungskomfort durch Federantrieb – diese bequeme Neuerung machte das frühe Grammophon endgültig zum Volksinstrument.

in Deutschland, Österreich, Rußland, Ungarn, Spanien, Frankreich, Polen, Australien, Italien und Indien. Owens Inserate aber haben ebenfalls einen neuen Pfiff: Neben dem gewohnten Schalltrichter sitzt statt eines Engels ein Hund. Eine Kreuzung von Spitz und Foxterrier.

Nipper, der Hund, gehört dem Maler Francis Barraud, der ihn samt einem Grammophon von seinem verstorbenen Bruder geerbt hat. Nipper gehorcht nicht. Nur wenn Francis die mitgeerbte Platte 'After the ball was over' auflegt, sitzt der Hund mit schiefem Kopf neben dem Trichter, als erinnere ihn dieses Lied an die Stimme seines toten Herrn. Und Francis Barraud beschließt, der kreatürlichen Anhänglichkeit ein Denkmal zu setzen. Er malt Nipper neben dem Grammophon und schreibt darunter: *His Master's Voice.* Im September 1899 kauft Owen dieses Sinnbild der Treue und macht es zur Schutz- und Firmenmarke.

Zur gleichen Zeit ist auch Fred Gaisberg unermüdlich dabei, das Geschäft zu erweitern. Er bereist ganz Europa und den Nahen Osten, um die größten Künstler der Zeit für die Schallplatte zu verpflichten. Als er Schaljapins Stimme aufnimmt, gelingt es den Petersburger Firmenagenten Lebel, Rubinsky und Rappaport, ihn von einem kleinen Verkaufstrick zu überzeugen: „Eine Titelplakette, eine hübsche Hülle — und schon wäre ein besserer Plattenpreis zu erzielen!"

Tatsächlich — mit Schaljapin startet die *Gramophone Company* eine Schallplatten-Luxusproduktion mit roten Etiketten und Goldaufdruck. Ein Gold-

rausch in Rubeln, Reichsmark, Englischen Pfunden und Dollars ist die Folge. Über Emile Berliner persönlich aber rauscht ein Gewitter hernieder. Die *Columbia Graphophone Company* verklagt ihn wegen Patentdiebstahls. Und Emile verliert. Er hat Tainters Erfindung — die federnde Membran mit dem Saphir — widerrechtlich in seine Grammophone eingebaut und verkauft. Das Patent aber, stellt das Gericht fest, gehört den Columbia-Leuten. Emile darf nur Edisons antiquierte, starre Stichelspitze verwenden. Und schon schlägt der zweite Blitz ein: Frank Seaman steigt aus. Er ruft die *Universal Talking Machine Comp.* als eigene Firma ins Leben und bringt ein dem Grammophon verteufelt ähnliches Gerät, das 'Zonophone', heraus. Der große Donner folgt unmittelbar: Seaman erwirkt am 25. Juni 1900 bei Gericht, daß Emile seine eigenen Apparate in den USA nicht mehr verkaufen darf. Er, Seaman, hat ja einen 15-Jahres-Vertrag auf den Alleinvertrieb! Und dann schlägt es wieder ein: Auch Eldridge R. Johnson nimmt seinen Hut. Bevor er jedoch die *Consolidated Talking Machine Company* aufmacht, gelingt ihm eine bleibende Erfindung. Er schneidet Musik und Sprache nicht auf Zink, sondern auf Wachsplatten, die er mit Graphit elektrisch leitfähig macht. Daraus verfertigt er auf galvanischem Wege positive Kupferabzüge, von denen er seine Platten preßt. Doch auch er bekommt Ärger mit Seaman, der ihm die Verwendung der Bezeichnung Gramophone untersagt. Wütend tauft er seine Firma in *Victor Talking Machine Company* um und — läßt Emile Berliner an seinen Geschäften wieder partizipieren.



80 Jahre danach — und Emil Berliners runde Scheibe ist jung geblieben, trotz Radio, Fernsehen und Tonband. Die vollautomatische Presse stößt heute 75 Platten in der Stunde aus.

Seamans in Berlin gegründete *International Zonophone Company* aber geht sang- und klanglos in der *Gramophone* beziehungsweise *Victor* auf, den Rest erwirbt die *International Talking Machine Company*, Berlin-Weißensee. Auf der Leipziger Messe 1904 offeriert sie einen Schlager: die *Odeon*-Platte, die beiderseits bespielt ist.

Clever gibt sich auch der alte Schwede: Carl Lindström kauft die Weißenseer samt der Plattenmarke *Odeon*, dazu die italienische *Fonotopia* und die in Nowawes bei Berlin 'geborene' *Gramophone*-Schallplatten-Tochter *Electrola*. Nebenbei noch die *Favorite* und *Dacapo*. Für eigenes Geld? Weltkrieg I hatte mitgemischt: Das Deutsche Reich beschlagnahmte die britische Aktienmehrheit der *Deutschen Grammophon* und veräußerte sie an die *Polyphon-Musik-Werke*. Die britische *Columbia* hingegen sicherte sich ihren Europaeinfluß durch finanzielle 'Unterwanderung' des Lindström-Konzerns.

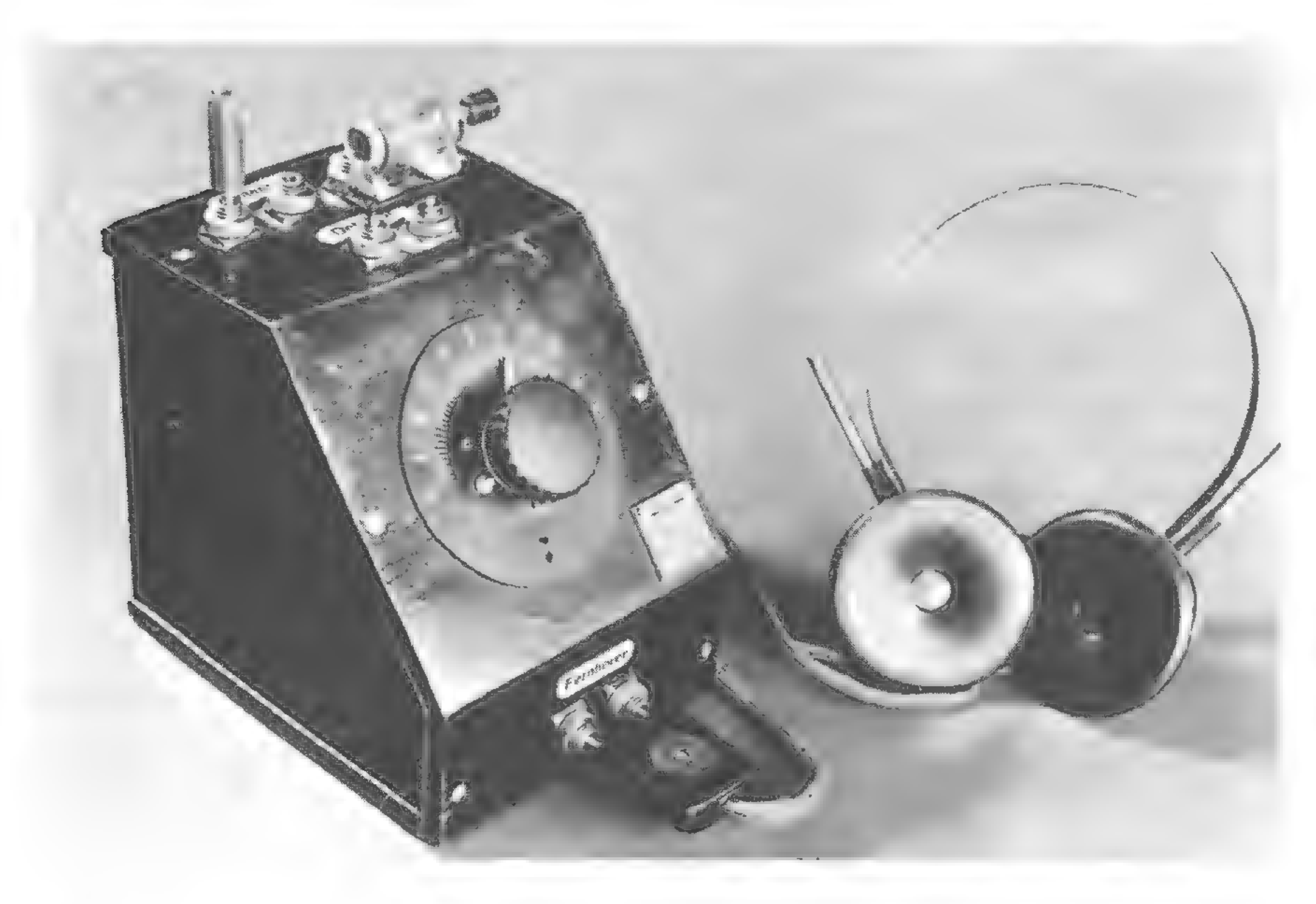
Allen Manipulationen zum Trotz aber mausern sich Grammophon und Schallplatte zur Weltmacht. (Anfang der zwanziger Jahre wird allein 22 Millionen mal der deutsche Schlager 'Valencia' abgesetzt!) 1926 verkauft Eldridge R. Johnson an die *Radio Corporation of America*, die von da ab als *RCA-Victor* firmiert, 1931 die Langspielplatte herausbringt und 1934 den Begriff Hi-Fi (High Fidelity) für 'die Platte mit dem tollsten Crescendo' prägt. 1928 bis 1931 vereinigen sich *Columbia* und *Gramophone* vorerst mit *Pathé-Frères* und dann zur *Electric & Musical Industries Ltd*, dem größten Plattenkonzern der Welt, mit Sitz in Hayes/Middlesex, wo Nipper — der Hund — hängt. Sie schlucken damit auch offiziell *Lindström* und *Electrola*. 1932 schließen sich *Polydor* und *Polyphon* als *Deutsche Grammophon Aktiengesellschaft* zusammen. Aus *Ultraphon* und *Orchestrola* aber entsteht *Telefunken*. Schon 1934 produziert der deutsche Markt allein 17 000 Schallplattentitel.

Nach Weltkrieg II schießt auch Irving B. Green aus Chicago mit seiner *Mercury Record Corporation* und einem bisher nie dagewesenen Repertoire, dessen Deutschland-Vertrieb die *Electrola* in Köln übernimmt, mit an die Spitze: In zehn Jahren steigt sein Schallplattenumsatz um rund 2000 Prozent. 1950 kommt ein neuer Gigant hinzu — die holländische *Philips Phonographische Industrie*, der auch *Durium*, *Fontana* und *Decca* gehören, und 1958 entsteht die Gütersloher *Schallplatten-GmbH Ariola*.

1958 aber bricht eine neue Epoche an: Die Stereoschallplatte kommt auf den Markt, die 'Zukunftsmusik' hat begonnen.

Es fing mit dem Detektor an

Fragt man den Chronisten, wann und wo eigentlich der erste Rundfunkempfänger entstanden und betrieben worden sei, gerät er in höchste Not. War es jene simple Apparatur, mit der V. Poulsen in den Jahren 1904 bis 1907 drahtlose Sprach-Übertragungen wiedergab? War es die Telefonie-Einrichtung, mit der A. Slaby im Jahre 1907 vor dem in der Technischen Hochschule Berlin erschienenen deutschen Kaiserpaar eine von Caruso besungene und aus Berlin-Tempelhof übertragene Grammophonplatte erklingen ließ? War es das im Jahre 1915 bei Versuchen in der Umgebung Berlins verwendete Gerät, das erstmals — und zwar aufgrund eines schon 1913 angemeldeten Deutschen Reichspatents — eine Audion-Schaltung mit Rückkopplung benutzte? Waren es vielleicht jene durch zwei Niederfrequenz-Verstärkerstufen verfeinerten Detektorempfänger, mit denen Hans Bredow, damals Telefunken-Direktor und von 1926 bis 1933 Rundfunk-Kommissar, an der deutschen Westfront im Jahre 1917 Reichweitenversuche mit Sprach- und Musikausstrahlungen durchführte? Oder war es gar erst der einheitliche Netzanschluß-Rundspruchempfänger, der im Jahre 1922 den Teilneh-



mern eines von der Märkischen Sendestelle Königswusterhausen betreuten Wirtschafts-Rundspruchdienstes zur Verfügung gestellt wurde?
Niemand vermag diese Frage exakt zu entscheiden. Solange es erfolgreiche Versuche zur Erzeugung und drahtlosen Aussendung von Schwingungen gibt, existieren natürlich auch Registrier- und Empfangseinrichtungen. Und das ist seit Beginn dieses Jahrhunderts der Fall. Ihr Prinzip umschloß nur zwei grundsätzliche Forderungen. Erstens: Die mit einer Information zu 'beladenden' oder, fachlich formuliert, zu modulierenden Trägerschwingungen mußten über möglichst große Entfernungen aus dem Äther aufgenommen werden. Zweitens: Die Modulation der als Informationsträger fungierenden Frequenz mußte demoduliert werden, um die dieser Trägerfrequenz aufmodulierten Tonfrequenzen — also den Informationsinhalt — zurückzugewinnen. Wie das geschah, war an keine Regel gebunden. Man experimentierte und war über jedes noch so bescheidene Ergebnis zufrieden. Forscher und Wissenschaftler aus Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Rußland und den Vereinigten Staaten, um nur die wichtigsten der beteiligten Nationen zu nennen, fügten Entdeckung um Entdeckung und Verbesserung um Verbesserung in dem unermüdlichen Bestreben aneinander, einem physikalischen Miraculum das tiefste Geheimnis zu entreißen. Wie der Rundfunk als Medium an sich keine strikte Erfindung etwa des Italieners

Detektorgerät und Kopfhörer — das waren Anfang der zwanziger Jahre die Utensilien des Rundfunkhörers. Der Kristalldetektor gilt als Vorläufer der Halbleiter (links).

GENEHMIGUNGSURKUNDE
für Rundfunkempfänger Nr. 1

Genehmigung zur Errichtung und zum Betriebe eines Rundfunkempfängers für

in Straße

gültig unter den umstehenden Bedingungen bis zum

Die Zahlung der Genehmigungsgebühr von wird hierdurch bestätigt

den 1923

Namens der Reichstelegraphenverwaltung

BERLIN

RTV

Will der Inhaber den Rundfunkempfänger über den obengenannten Zeitpunkt hinaus weiter betreiben, so ist eine neue Genehmigungsurkunde bei der zuständigen Postdienststelle so rechtzeitig zu beziehen, daß der Inhaber spätestens mit Ablauf der Gültigkeit der vorliegenden Urkunde im Besitz der neuen Ausfertigung ist.

Anerkannt:
(Unterschrift des Genehmigungsinhabers)

350 Milliarden Inflationsmark — diesen Preis bezahlte Deutschlands erster offizieller Rundfunkhörer am 31. Oktober 1923 für die RTV-Genehmigungsurkunde (rechts).

Guglielmo Marconi, des Deutschen Heinrich Hertz, des Amerikaners Lee de Forest oder des Russen Aleksandr Popow ist, so ist auch der Rundfunkempfänger eine in vielen Jahren gewachsene Schöpfung zahlreicher Pioniere. Immerhin kann man an einigen Fakten und Daten der vorgeschichtlichen Epoche nicht einfach vorübergehen. Da ist zum Beispiel die sehr frühzeitige Erörterung akustischer Fragen interessant. Schon 1886 entstand das magnetische Lauthörersystem (Werner von Siemens), das Schall- oder Grammophontrichter mit großen Hörkapseln verband. Und bereits 1897 beschäftigte man sich mit einem elektrodynamischen Tauchspulensystem (O. Lodge). Verwunderlich erscheint ein solcher Vorgriff jedoch nicht, wenn man die ja ältere drahtgebundene Telefonie als Keimzelle drahtlos-funkischen Bemühens auffaßt. Dann folgten, im ersten Dezennium dieses Jahrhunderts, fünf gewichtige Schritte: 1900 erschien die Volldraht-Spule mit Induktivitätsveränderung durch Schiebekontakt, 1901 der Drehkondensator, 1903 die Litzendraht-Spule mit kapazitätsarmer Stufenwicklung, 1905 die Audion-Röhre (Lee de Forest) und fast gleichzeitig die Lieben-Röhre (1906). Wenn auch alle diese Entwicklungen erst später zur Geltung kamen, so waren sie doch von vornherein richtungweisend und grundlegend. Schlag auf Schlag ging es im zweiten Jahrzehnt, dessen schaltungstechnische Entdeckungen allerdings wiederum bis zur praktischen Anwendung bisweilen Jahre benötigten. Man erfuhr 1911 von der Hochfreqenzverstärkung (Otto von Bronk), 1913 von der Audion-Schaltung mit induktiver Rückkopplung und dem Super-Heterodyne-Prinzip (Graf Arco, Alexander Meißner), 1914 von der hoch- und niederfrequenten Reflexverstärkung (Otto von Bronk, W. Schloemilch), von einem mit Hochvakuum-Trioden bestückten Niederfrequenzverstärker und der Korbboden-Spule (W. Dollinger), 1915 von der Neutrodyne-Schaltung (W. Schloemilch), 1916 vom Prinzip der Schirmgitterröhre (W. Schottky) und 1919 vom statischen Lautsprecher 'Statophon' des Tri-Ergon-Systems. Kurz vor dem Weihnachtsfest des Jahres 1920 trat ein Ereignis ein, das dem, was später einmal *Öffentlicher Unterhaltungs-Rundfunk* werden sollte, zu mächtiger publicity verhalf. Beamte der *Reichspost-Hauptfunkstelle Königswusterhausen* verbreiteten mit einem 5-kW-Lichtbogensender auf Langwelle das erste drahtlose Instrumentalkonzert, dem in größeren Zeitabständen weitere Musiksendungen folgten. Funkstationen und Amateure auf Entfernungen bis zu 2000 Kilometern bestätigten begeistert den Empfang, Zeitungen und Zeitschriften berichteten in großer Aufmachung über das 'gefunkte Konzert'. Selbstverständlich gab das beachtliche Impulse — für das Publikum, für Techniker, für die Industrie. Man begann zu ahnen, daß sich da etwas grundlegend Neues auftat. Und weil diejenigen, die stets am Fortschritt zu partizipieren wünschen, auch diesmal dabeisein wollten, richtete

Pionierzeit des Rundfunks – das Studio in der Mansarde (oben) und die 'Technik' des ersten deutschen Senders im Berliner Voxhaus (unten).

sich das Augenmerk nun stärker auf die Empfangsmöglichkeit. Telefunken, Lorenz und Huth, die drei damals führenden Unternehmungen dieses Gebiets und zugleich Inhaber der meisten Patente, schlossen sich daraufhin Ende 1922 zur *Rundfunk-Gesellschaft mbH* zusammen. Ihr Ziel, sowohl Sendeanlagen zu bauen und zu betreiben wie auch Empfänger zu fabrizieren und abzusetzen, war so jedoch nicht zu realisieren: Die Post fürchtete um ihr Sendemonopol, die in einem 1923 gegründeten Verband organisierten übrigen Herstellerfirmen waren um ihre Bewegungsfreiheit bemüht. Diese Sorge vieler Unternehmer, die sich einem heraufziehenden Geschäft mit beträchtlichen Risiken verschreiben wollten, schien verständlich.
Was waren das für Geräte, mit denen die Enthusiasten der Jahre 1923 und 1924 die ersten Rundfunkstationen empfingen? Und wie vollzog sich die Wandlung vom anfänglichen Einzelstück zum — nach damaligen Maßstäben — industriell gefertigten Empfangsapparat? Nun, Detektor und Kopfhörer beherrschten zunächst eindeutig das Feld. Ein solches Gerät war preiswert und unauffällig, verursachte kaum Bedienungsschwierigkeiten und ergab vor allem eine klare und unverzerrte Wiedergabe. Herzstück der einfachen Schaltung war der eigentliche Detektor, bei dem ein Kontaktstift auf eine selektive Stelle eines Minerals (Bleiglanz, Kupferkies, Eisenpyrit, Rotzinkerz, Silizium, Kunstkristalle) zu legen war. Durch Veränderung der Selbstinduktivität in Stufen — mittels Zylinder-, Flach- oder Honigwabenspulen — wurde der Antennenkreis grob abgestimmt. Die Feinabstimmung besorgte in einfachster Form bei der Zylinderspule ein Schleifkontakt an der Außenseite, in der Regel aber ein Drehkondensator. An Antennenformen sah man meist die Eindraht-Hochantenne, aber vielfach auch die allerdings



Zimmer-Rahmenantenne im Berliner Voxhaus. 1924 brauchte man solche Gebilde zum Abhören des Zeitzeichens der Seewarte (links).

Fortschrittlicher Frisör des Jahres 1925. Auf der Kommode mitten im Laden hielt er für die Kundschaft unterhaltsame Radiomusik bereit (rechts).

weniger Eingangsenergie hervorzaubernde, an den Wänden verlegte Zimmerantenne und ebenso Behelfsantennen mannigfacher Art, unter denen die durch Zwischenschaltung geeigneter Kondensatoren 'entschärfte' Lichtnetz-Antenne sehr gebräuchlich war. Als Erde fungierte ein entsprechendes Gegengewicht. Besondere Aufmerksamkeit galt der Erdung der Außenantenne: Die tägliche Mahnung des Rundfunkansagers „Vergessen Sie bitte nicht, die Antenne zu erden!" erinnerte an das Umlegen eines Erdungsschalters, der als Sicherheitsmaßnahme vorgeschrieben war. Es war schon ein kurioser Anblick, wenn die Rundfunkfamilie jener Jahre mit dem Kopfhörer auf den Ohren um ihr Gerätchen herumsaß und peinlich darauf bedacht war, die mühselig erkämpfte Detektoreinstellung weder durch Erschütterung noch durch Staub zu gefährden.
Im Übergang vom Detektor- zum Röhrenempfang stand dann ein schlichtes Detektorgerät mit einer einzigen hoch- wie niederfrequent verstärkenden Röhre. Es erlaubte schon den Kopfhörerempfang entfernter Stationen, war aber vor allem zur Lautsprecherwiedergabe des Stadt- oder Bezirkssenders bestimmt. Die Bedienung eines solchen Apparates war äußerst kritisch.
Als 'echtes' Röhrengerät führte sich daneben der Einröhren-Audion-Rückkopplungsempfänger ein, wie er im Modell Telefunken G seinen Prototyp fand. Kombiniert mit einem Zweiröhren-Niederfrequenzverstärker, der eine 400fache Verstärkung zuließ, und einer guten Antenne konnte der Londoner Rundfunk selbst in Ostpreußen einwandfrei abgehört werden. Auch ohne diesen Verstärker war in Sendernähe Lautsprecherempfang durchaus möglich. Sogar die Optik kam schon zu ihrem Recht: Zur Unterbringung von Empfänger, Verstärker und Batterie wurde ein Salonschränkchen offeriert.



So aufgeschlossen sich die Öffentlichkeit auch zeigte — von einem Massenabsatz war noch nicht die Rede. Ende 1923 gab es in Deutschland 1500, Ende 1924 rund 548 000 angemeldete Rundfunkhörer, von denen jedoch viele Selbstbaugeräte hatten. Der jähe Aufschwung hatte seine Gründe. Zunächst einmal verhieß eine 1924 in Kraft gesetzte Verordnung zum Schutz des Funkverkehrs drakonische Maßnahmen gegen Schwarzhörer. Dann aber wurden auch Erleichterungen wirksam.

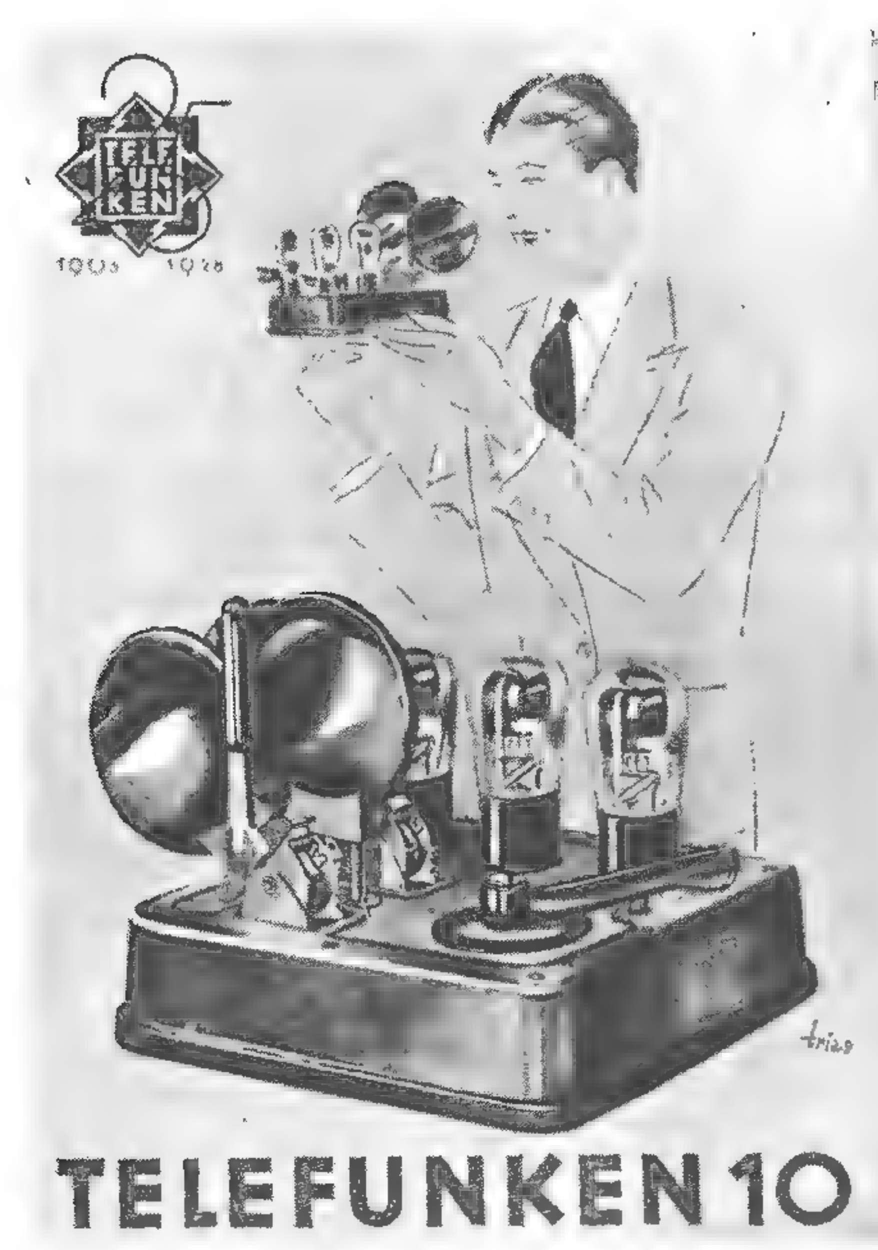
Ende 1924 hatten Rundfunk und Rundfunkgerät nach bisweilen hektischem Treiben eine Form gefunden, auf der sich nun planvoller aufbauen ließ. Ja, man muß staunen, was es damals schon gab. Ein flüchtiger Blick in die Literatur jener Tage erhascht Meldungen über Empfangsanlagen im Krankenhaus, im Blindenheim, im Gefängnis und — mit 200-Volt-Akkumulator und bis zu 16 Lautsprechern — in Vortragssälen.

Eine neue Ära begann für den Empfängerbau am 1. September 1925. An diesem Tage traten sämtliche Beschränkungen der Post außer Kraft. Jedermann konnte bauen und betreiben, wo und was er wollte; das Prüfen und Stempeln entfiel.

Drei Forderungen bestimmten von da ab die Entwicklung: bessere Schaltungen, bessere Wiedergabe, bessere Mechanik. Dabei wirkte Amerika insofern befruchtend, als es irgendwo zustande gekommene Entdeckungen und Vervollkommnungen rasch zu propagieren und für die Großserienfertigung zu nutzen verstand. Neben das einfache rückgekoppelte Audion, das preisgünstig und für Ortsempfang ausreichend war, traten nun neue Schaltungen, die in Selektivität und Verstärkungsleistung besonders auf Fernempfang zugeschnitten waren.

Abwärts ging es mit dem Detektorgerät, wenngleich es bis in das Jahr 1930 hinein von einigen Großfirmen 'nebenbei' und in geschlossener Gehäuseform offeriert wurde. Aufwärts hingegen ging es mit dem Bestreben, die Fertigung rationell auszubilden.

Eines bewegte Publikum und Techniker ganz besonders: Man hatte die 'Strippenparade', das Aufladen des Akkumulators und den Leistungsabfall der Trockenbatterie gründlich satt. Die Zeit für den Netzanschluß war reif. Schon im Jahre 1923 hatte die *Radio-Telephonie GmbH* einen recht fortschrittlich anmutenden Empfänger für Gleichstrom-Netzanschluß vorgestellt. Er konnte sich aber vor allem wegen des enormen Heizstromverbrauchs der damaligen Röhren nicht durchsetzen. Drei Jahre später kredenzte die 3. Große Deutsche Funkausstellung Wechselstrom-Netzgeräte mit Hochvakuum-Gleichrichterröhren, bei denen jedoch Batterien den Heizstrom liefern mußten. Gleichzeitig spielte sich der Dreiröhren-Geradeausempfänger in den Vordergrund. Der große und entscheidende Schritt zum Voll-Netz-



Aber nicht nur den Ortssender

können Sie mit dem Telefunken 10 empfangen. Je nach der Lage Ihrer Wohnung können Sie auch die benachbarten Sender hören und in fast allen Fällen die langwelligen Stationen wie Königswusterhausen, Motala, Kalundborg, Daventry, Paris oder Moskau usw.

Die große Überlegenheit des Telefunken 10

liegt nicht nur in seiner größeren Abstimmschärfe und Aufnahmefähigkeit begründet. Er ist auch der einzige kleine Empfänger, der ohne Umbau oder Eingriff direkt aus der Lichtleitung mit Wechselstrom betrieben werden kann. Hierfür ist nur die Verwendung der Telefunkenröhren RE 511 und RE 601 erforderlich.

Sie sparen sämtliche Batterien,

wenn Sie den Telefunken 10 aus dem Lichtnetz betreiben. Telefunken hat für diesen Zweck ein kleines Netzanschlußgerät entwickelt, das keinerlei Wartung erfordert. Ein Druck auf den Schalter genügt, um Ihre Rundfunkanlage in Betrieb zu setzen.

Telefunken 10 wird ohne Spulen mit einem Satz normaler Telefunkenröhren RE 054 – RE 054 – RE 154 für Batteriebetrieb geliefert und kostet .... RM 39.50
3 Spulen für Wellenbereich 200–600 m ...... RM 6.50
3 Spulen für Wellenbereich 4,50–2000 m .... RM 7.–

**Der Telefunken 10
ist aber nicht nur ein Empfänger,**

sondern auch gleichzeitig ein vorzüglicher Verstärker, mit dem Sie durch eine Elektro-Schalldose die Wiedergabe Ihrer Schallplatten wesentlich verschönern können.

Drei-Röhren-Apparat mit Lautsprecher — 1928 das preiswerte Ergebnis einer 25jährigen Entwicklungsarbeit in der 'drahtlosen Technik'.

gerät (1928) kam, als die indirekt geheizte Röhre entwickelt worden war. Bald darauf erblickten Schirmgitterröhren und Endpentoden sowie die ersten Endtrioden das Licht der Welt.

Immer erfolgreicher wurde der Zug zur Konzentration und Vereinfachung: Ihre Symbole wurden der Vollnetzempfänger mit eingebautem Lautsprecher (1929/30), die Rundfunk-Phono-Kombination als Tisch- und Schrankapparat mit eingebautem Lautsprecher und Netzanschluß, die übersichtliche Großskala und eine zwischen drei und fünf Röhren pendelnde Bestückung. Als man um die Jahreswende 1930/31 Bilanz zog, offenbarten sich Trend und Entwicklungsstand: Von fast vier Millionen Rundfunkteilnehmern in Deutschland hörten noch 16 Prozent mit dem Detektorgerät. Von den Röhrengeräten waren 53 Prozent Batterie-, 35 Prozent Wechselstrom- und 12 Prozent Gleichstrom-Empfänger. Als reifste Entwicklung galt der mit Schirmgitterröhren bestückte Geradeaus-Empfänger mit Netzanschluß, eingebautem dynamischem Lautsprecher und mit einer auf zwei Regler begrenzten Bedienung.

Bevor sich die Ära des Superhets abzuzeichnen begann, kam man auf zwei Abarten des Heimgeräts: den Koffer- und den Autoempfänger. Schon im Frühjahr 1932 baute *Nora* serienmäßig zwei Koffermodelle, die allerdings 13 beziehungsweise 14 Kilo wogen. „Durch besondere Schutzkammern", so hieß es bei dem aufwendigeren Gerät, das abends mit eingebauter Rahmenantenne 60 Sender brachte und 235,50 Mark kostete, „ist der Aufbau der Heizbatterie ein derartiger, daß der Koffer in alle Lagen gebracht werden kann, ohne daß ein Auslaufen der Akkumulatorensäure zu befürchten ist". Wenig später erschien, von den Ideal-Werken gebaut, der erste Autoempfänger. Sein Chassis mußte, des Klingens der Batterieröhre wegen, mit Gummibändern aufgehängt werden, die Antenne war unter den Trittbrettern gespannt.

Die gerätebauende Industrie mußte im Anfang des Rundfunks zunächst einmal sichere, für Fabrikation, Handel und Abnehmer tragbare Verhältnisse schaffen, so daß die Entwicklung der schwierigeren Überlagerungsschaltung zunächst nur langsam vorankam. Erst im Jahre 1928 war ein großer Teil der technischen Grundlagen für den Überlagerungsempfänger geklärt. Der Empfänger, den *Telefunken* damals fertig entwickelt hatte, zeigte die noch heute übliche Schaltung des Oszillator-Gleichlaufs und besaß Schutzmittel gegen Störungen.

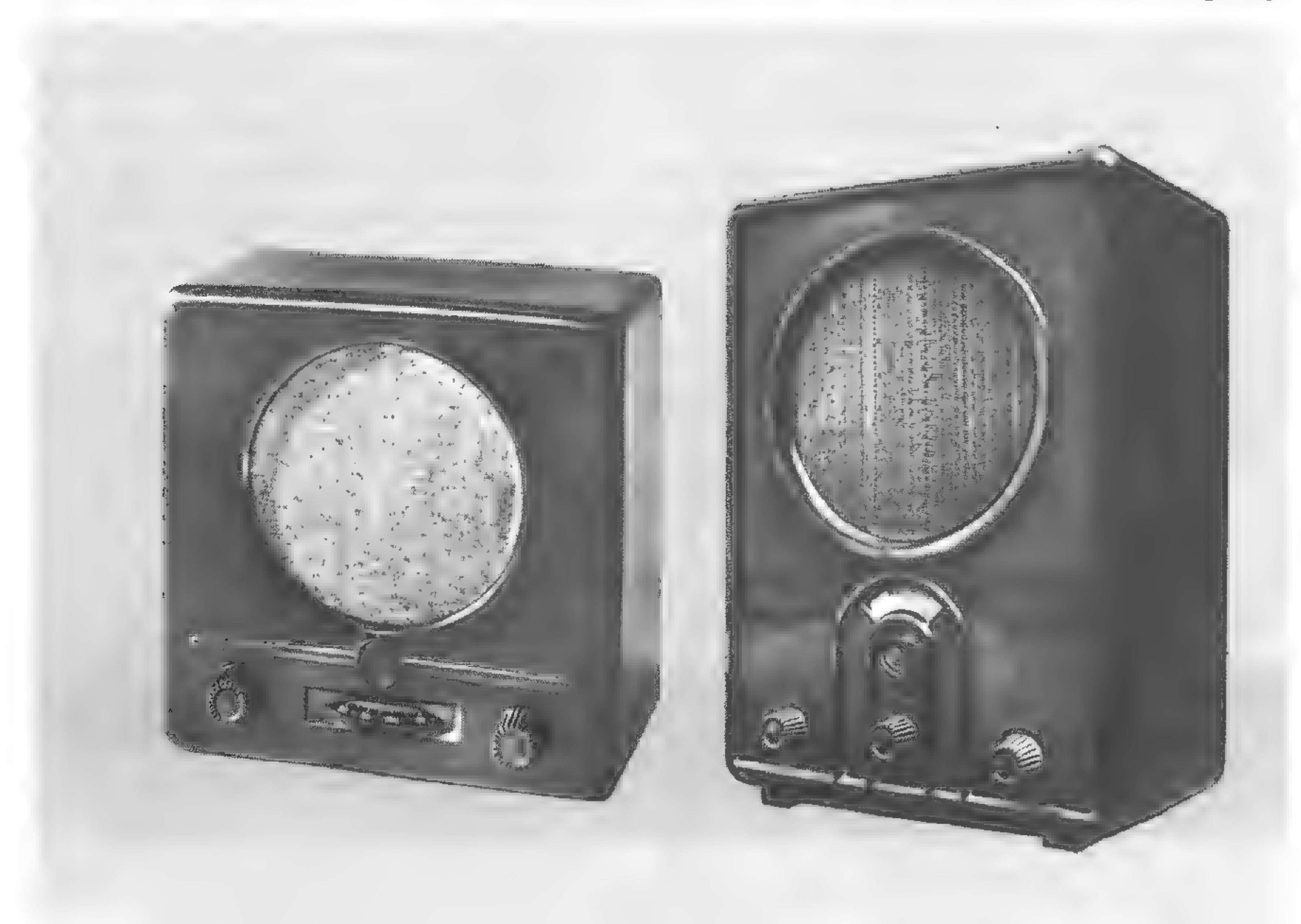
Der im Jahre 1928 entwickelte Überlagerungsempfänger wurde ein Spitzengerät. Er war im Aufwand teuer. Der Kaufmann sah noch keinen Grund, von dem bewährten Dreikreis-Geradeaus-Empfänger abzugehen. So ließ die wirkliche Einführung des Überlagerungsempfängers noch bis 1932 auf sich warten. Inzwischen war die Röhre mit veränderlicher Verstärkungsmöglichkeit entstanden. Der Super des Jahres 1932 arbeitete mit solcher Röhre,



Gymnastik nach Musik — in den ersten Rundfunkjahren mit Kopfhörern und dann vor dem Trichterlautsprecher (links).

Bestseller der deutschen Funkindustrie — der große Volksempfänger und sein beliebter kleiner Bruder (rechts).

hatte also Schwundregelung, die das lästige 'fading' weitgehend ausgleichen konnte.
Trotz der technischen Überlegenheit des Supers hielten sich die billigen Typen des Geradeaus-Empfängers noch auf Jahre hinaus, und er hatte dank seines niedrigen Preises noch lange den überwiegenden Marktanteil.
Inzwischen hatten Sendegesellschaften und Post rührig den Senderbau betrieben und das Rundfunk-Leitungsnetz, das einen Programmaustausch bis in das Ausland ermöglichte, in Umfang und Qualität außerordentlich vervollkommnet. Das hatte Folgen: Ein wachsender Teil des Publikums war mit Geräten zufrieden, die bevorzugt das ja mittlerweile sehr reichhaltig gewordene Programm des Orts- und Bezirkssenders mit möglichst hochwertiger Klangqualität wiedergaben. So kamen einerseits preisgünstige Kleinsuper in Preßstoffgehäuse und andererseits Empfänger mit besonders gepflegtem Niederfrequenzteil und niedrigem Klirrfaktor, die sogar Hoch- und Tiefton-Lautsprecherkombinationen besaßen, auf den Markt.
Um den Kreis der damaligen Rundfunkteilnehmer zu vergrößern, wurde in Deutschland ein Gemeinschaftsprodukt der Funkindustrie, das als Volksempfänger bekannt gewordene Modell 'VE 301' (ab 1933), propagiert, das anfangs 76,— und später 65,— Mark kostete und einschließlich einer Batterieausführung eine Auflage von rund 4,3 Millionen Stück erreichte. Dies war nun allerdings ein Gerät simpler Art — technisch geradezu ein Rückschritt.
In den folgenden Jahren gab es schon kaum mehr aufregende und Aufsehen erregende Entdeckungen und Konstruktionen. Die Entwicklung verlief systematischer, ausgeglichener. Man ging ins Detail, verfeinerte, vereinfachte. Bestimmte Tendenzen zeichneten sich ab. Sie zielten auf Verbilligung,





Großer Aufwand an Apparaturen und Technikern — 1933 bei der Übertragung einer Veranstaltung in einem Industriebetrieb.

auf Sortiment, auf Klangqualität, auf Komfort. Eine Verbilligung um 20 bis 30 Prozent gelang, als die fortschreitende Fertigungsrationalisierung in Verbindung mit großen Stückzahlen die Herstellungskosten für Röhren, Bauelemente und damit auch komplette Geräte zu senken vermochte und der Fortfall von Preisbindungen den Wettbewerb verschärfte. Im Sortiment führte sich eine stärkere Gliederung nach Leistungs- und Preisklassen ein, die den verschieden gearteten Ansprüchen und Möglichkeiten des Publikums besser entsprach. Bedienungserleichterung und Komfort drückten sich im Magischen Auge, der durch Nachstimmen des Oszillatorkreises bewirkten Scharfabstimmungs-Automatik, in den ersten Wellenbereichs- und Stationsdrucktasten sowie mannigfachen Gestaltungsvarianten der Skalen aus. Um auch der äußeren Form Spielraum zu geben, ging man des öfteren zum Querformat über. Die Kurzwelle fehlte in fast keinem Super mehr.
Als der Zweite Weltkrieg vor der Tür stand, war der Rundfunk erst knapp zwei Jahrzehnte 'jung'. Die sogenannte U-Röhrenserie mit nur 0,1 Ampere Heizstrom war entwickelt, der Super mit 5 bis 7 Kreisen und 4 Röhren (ohne Gleichrichterröhre) war Standardgerät, das Kleinsuper-Modell war im Preis unter die 200-Mark-Schwelle gerutscht. Auch Phonosuper und Musiktruhen waren im Handel. Da griff in Deutschland die Kriegsplanung ein. Sie sah eine Drosselung der Empfänger-, Röhren- und Lautsprechertypen vor.

Es war aber zugleich ein Zeitpunkt, zu dem Deutschlands Rundfunk-Empfangstechnik in international anerkannter Blüte stand. Ihr Niveau ließ sich am Telefunken-Spitzensuper 8001 ablesen, dessen Vorläufer 7000 auf der Pariser Weltausstellung 1937 einen Grand Prix erhielt. Dieses elegante Zehnkreis-Zwölfröhren-Gerät für Lang-, Mittel- und Kurzwelle in Makassar-Ebenholzgehäuse besaß Baß-Pentodenschaltung, die mittels Spezialröhre den Bässen satte Fülle gab, zwei Endröhren in Gegentaktschaltung, die eine hohe Ausgangsleistung gewährleisteten, Dioden-Hochfrequenz-Gleichrichtung und vollautomatischen Schwundausgleich, vierfache Bandbreitenregelung und abschaltbare Scharfabstimmungs-Automatik, Magisches Auge und Breitband-Lautsprecherkombination aus je einem Mittel-Tiefton- und Hochton-Lautsprecher, gehörrichtige Lautstärkeregelung, Anschlüsse für Plattenspieler und Zweitlautsprecher. Dann brachten viereinhalb Jahre Krieg Empfängerbau und Entwicklung in Europa zum Erliegen.
Aus Trümmern und Verboten schälte sich nach dem Kriege eine Produktion heraus, die all das noch einmal 'erfinden' mußte, was technisch längst überstanden war. Einkreiser mit Wehrmacht-Röhren, unter denen die Universal-Pentode RV 12 P 2000 noch die günstigste war, zählten zu den ersten Typen. Sie fanden reißend Absatz, weil die durch Papierknappheit beengte Presse das Informationsbedürfnis kaum befriedigen konnte. Es gab auch schon einen ersten Vierröhren-Super, ebenfalls aus Einzelteilen gebaut, die über den Krieg gerettet werden konnten. Auf Anregung der britischen Militärregierung wurde im Sommer 1947 ein Vierröhren-Allstromsuper in Preßstoffgehäuse als Einheitsempfänger in die Fertigung gegeben. Ihm folgte Ende 1948 im 'Jedermann-Programm' ein billiger Dreiröhren-Super, bei dem die Abstimmung durch Eisenkerne in zwei Zylinderspulen vorgenommen wurde. Wie im Gründerjahr 1924 suchte eine Vielzahl von Fabrikanten Anschluß und Betätigung in der Funkindustrie.
Daß noch nicht aller Tage Abend war, bewiesen der 28. Februar und der 1. März des Jahres 1949. Zwei Rundfunkstationen, in München und in Hannover, begannen an diesen Tagen frequenzmodulierte Sendungen auszustrahlen: UKW — die 'Welle der Freude' nannte man sie. Und ihre Technik revolutionierte den Rundfunk just im rechten Moment. Was war geschehen? Und wozu solch aufrührerisches Tun?
Nun, am Anfang stand die Not. Bei der Neuverteilung der Mittel- und Langwellen für den europäischen Sendebereich, die eine Konferenz im Herbst 1948 in Kopenhagen vorgenommen hatte, war das im Kriege geschlagene Deutschland schlecht, sehr schlecht weggekommen. Die verbliebenen Frequenzen reichten nicht aus, die Bevölkerung mit Rundfunkdarbietungen einwandfrei zu versorgen. Experten, unter ihnen in vorderster Linie Professor

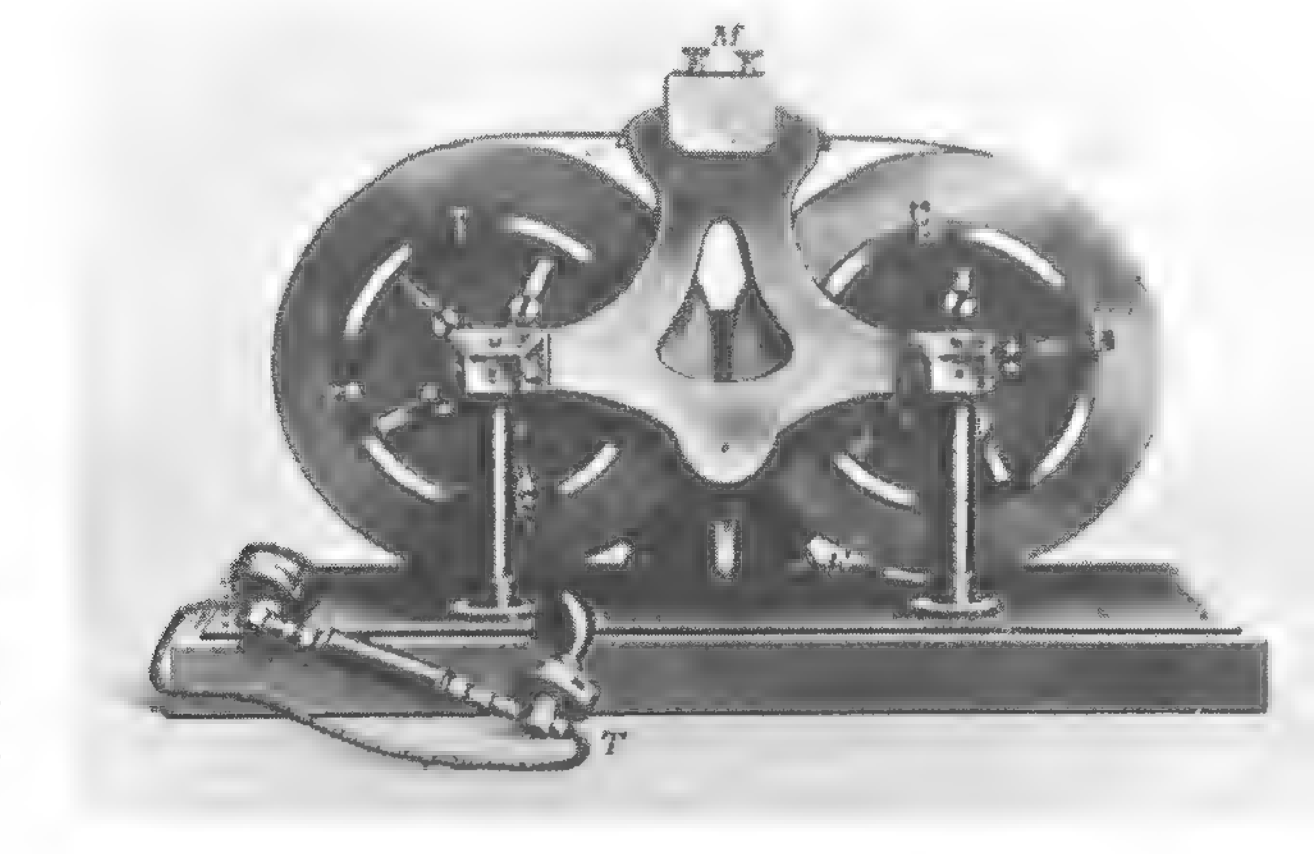
Werner Nestel, damals technischer Direktor des Nordwestdeutschen Rundfunks, schritten zur Tat und erschlossen einen neuen Wellenbereich. Er umfaßte im 3-Meter-Band die Frequenzspanne von 87,5 bis 100 MHz und wurde, der *u*ltra*k*urzen *W*elle wegen, von nun an UKW-Bereich genannt. Der Nachteil solcher Wellen — die begrenzte Reichweite — erwies sich als Segen: Man kann, weil sich ja bei ausreichend räumlichem Abstand die Frequenzen mehrfach belegen lassen, viele Sender unterbringen und ihnen außerdem ein breites Frequenzspektrum zubilligen.
Wenn die Reichspost in enger Zusammenarbeit mit *Telefunken* auch schon 20 Jahre vorher mit UKW-Sendungen laboriert hatte, tat sich dennoch für die deutsche Rundfunkindustrie eine riesige Aufgabe auf. War doch ein völlig neuer Wellenbereich mit einer ebenso neuen Modulationsart derart in dem Empfänger unterzubringen, daß möglichst weder die Bedienung kompliziert noch das gewohnte Äußere verändert wurde. Auch der Preis sollte nicht aufwärts schnellen. Daß all dies gelang, ist dem großen Können und den Erfahrungen der Konstrukteure zu danken. Zunächst erschien für die Besitzer der AM-Empfänger ein UKW-Vorsatzgerät. Bald aber schwenkte man auf die 'klare Linie' ein.
Neue Schaltungen und neue Bauelemente waren vonnöten, wollte man eine organische Empfangseinheit und nicht zwei Empfänger in einem Gehäuse schaffen. Die Forderung, eher kleinere als größere Empfänger zu bauen, führte zu einer inneren Rationalisierung. Der schon im Kriege geborene Trend zur Miniaturisierung setzte ein. Als wirtschaftlicher Wettbewerb und Mangel an Arbeitskräften zu strikter Fertigungsrationalisierung zwangen, kam die Gedruckte Schaltung (1953) hinzu. Sie, die die Herstellung aller leitenden Verbindungen in einem einzigen automatischen Tauch-Löt-Prozeß ermöglichte und somit neben einer Qualitätskonstanz auch die Wege zur zukunftsreichen Baustein-Methodik öffnete, hat sich in allen Gerätearten durchgesetzt. Vor allem der Niederfreqenzteil samt Lautsprecher erforderte noch einmal gründliche Durchbildung. Um die Klanggüte des UKW-Rundfunks wirklich wiedergeben zu können, schuf man unter Zuhilfenahme und Nutzung besten Ausgangsmaterials Breitbandverstärker und Lautsprecher, die die tiefen, mittleren und hohen Tonlagen getrennt abstrahlten. Die Musiktruhe, aufgrund ihrer guten Resonanzverhältnisse zur Ausschöpfung aller akustischen Möglichkeiten prädestiniert, wurde eine liebevoll gepflegte Spezialsparte der Radioindustrie. Im 3-D-System, das drei und mehr Lautsprecher nach vorn und seitlich strahlen ließ, lag auch für das Tischgerät eine Chance, den Raum klanglich zu füllen und nicht wie bisher als punktförmige Schallquelle zu wirken. Laufzeitverzögerungen und Echoeffekte weiteten das Klangbild, das in der HiFi- und Stereotechnik gipfelte.

Das Wunder der Magnetkonserve

Es läßt sich kaum vermeiden, bei der Geschichte irgendeines technischen Gebietes mit Heron von Alexandria zu beginnen. Immerhin hat er um 100 n. Chr. die Musikbox erfunden, einen Automaten, der nach Einwurf von Münzen einen künstlichen Vogel zwitschern ließ. Daß seine Versuche, eine sprechende Maschine zu bauen, zu keinem Ergebnis führten, ist nicht verwunderlich. Es dauerte noch 1800 Jahre, bis man überhaupt wußte, daß Schall eine mechanische Schwingung ist. Aber der Wunsch, eine sprechende Maschine zu bauen, hat seitdem die Menschen nicht ruhen lassen.

Im Jahre 1831 zwang Faraday den Zusammenhang von Magnetismus und Elektrizität in ein festes System und erschloß damit dem experimentierfreudigen 19. Jahrhundert ein weites Betätigungsfeld. Das Telefon (1875) wurde zum Mittelpunkt des technischen Interesses. Es ist recht interessant zu beobachten, wie aus dem Zusammentreffen verschiedener Voraussetzungen die Zeit für neue Ideen reif wird. Das Telefon, der Phonograph und das wachsende Verständnis für die elektromagnetischen Erscheinungen scheinen zwangsläufig zum Gedanken der magnetischen Schallaufzeichnung geführt zu haben. So tauchen fast gleichzeitig in den Jahren 1887/88 drei mit Sicherheit unabhängige Versuche der Magnetaufzeichnung auf.

Der Franzose Janet schreibt 1887 eine Arbeit über 'Die transversale Magne-



Das Telegraphon des Dänen Valdemar Poulsen — 1898 wurde diese vermutlich erste Magnettonmaschine der Welt in Deutschland als Patent registriert.

tisierbarkeit eines Leiters', in der er die Möglichkeit der Aufzeichnung von Schall durch die Magnetisierung eines homogenen Stahldrahtes beschreibt. Im gleichen Jahre wird dem Niederländer Wittedik in Deutschland ein Patent erteilt auf eine „Vorrichtung, bestehend aus akustischen Trommeln, telefon- und mikrophonartigen Vorrichtungen, die

1. akustische und elektrische Wellen registriert, indem gegen ein bewegtes Band vibrierende Gasstrahlen, die mit trockenem oder nassem Staub oder anderen feinen Teilchen beladen sind, geleitet werden;
2. durch den mechanischen oder magnetischen Charakter der auf dem Bande sofort erzeugten oder später entwickelten Schrift reproduziert."

Ein gewisser Oberlin Smith veröffentlicht im Jahre 1888 im 2. Jahrgang der Zeitschrift 'Electrical World' einen Artikel 'Some possible form of phonograph' (Eine mögliche Form des Phonographen). Es ist erstaunlich, wieviel der wesentlichen Elemente der heutigen Geräte schon hier angegeben werden. So wird vorgeschlagen, als Tonträger eine Schnur aus Seide oder Baumwolle mit eingesponnenem Stahlpulver oder -spänen zu benutzen. Diese Schnur wurde von einer Rolle ab- und nach Durchlaufen einer Drahtspule auf eine zweite Rolle aufgewickelt.

Es gibt wohl kaum einen Ort, der die Geschichte einer Erfindung so lebendig registriert wie das Patentamt. In der stereotypen Gliederung einer Patentschrift spiegeln sich Gedanken und Persönlichkeiten, der Kampf des Menschengeistes um die Verwirklichung neuer Ideen. Die Patentschrift ist das Visum, mit dem eine theoretische Idee in das Reich der Technik eintritt — das Bindeglied zwischen der Theorie von gestern und der Technik von morgen.

Am 10. Dezember 1898 wird Valdemar Poulsen aus Dänemark in Deutschland das Patent Nr. 109 569 erteilt. Die Schrift beschreibt die vermutlich erste Maschine, die Schallereignisse magnetisch aufzeichnete und wiedergab. Unter Bezugnahme auf den Vibrographen von Wittedik wird hier „vollständig abweichend von den oben dargelegten Vorschlägen vorgegangen, insofern, als feste magnetische Körper, wie Stahldrähte, Stahlbänder, lediglich durch magnetische Beeinflussung derart eine Veränderung erfahren, daß Nachrichten, Gespräche und dergleichen zeitweise aufgespeichert und auf Wunsch, ebenfalls lediglich durch magnetische Beeinflussung, hörbar wiedergegeben werden können". Weiter im skurrilen Patentdeutsch: „Zur Ausübung des Verfahrens wird zweckmäßig in der Weise vorgegangen, daß ein in eine Telefonleitung eingeschalteter Elektromagnet mit einem während der Gesprächsdauer gleichmäßig verschobenen Stahldraht oder Stahlband in Berührung kommt und der jeweiligen von den betreffenden Gesprächen abhängigen Erregung entsprechend die verschie-

denen Stellen des Stahldrahtes oder Stahlbandes an dem Elektromagneten, denselben berührend, wieder vorbeigeführt. So ergibt sich die merkwürdige (!) Tatsache, daß man mit dem Telefon ohne störende Nebengeräusche das wiederhört, was man in dasselbe hereingesprochen hat."

Wer war dieser Poulsen? Der 1869 geborene Däne studierte zunächst Medizin und wandte sich später der Elektrotechnik zu. Elektrotechnik bedeutete damals in der Hauptsache Telefonie. Er wurde Fehlersucher bei einer Kopenhagener Telefongesellschaft. Er war eine ungewöhnlich starke Persönlichkeit, hatte eine große Überzeugungskraft und ein geradezu instinktives Gefühl für technische Dinge. Dazu kam ein gesunder Geschäftssinn. So gelang es ihm, noch nicht dreißigjährig, sich selbständig zu machen und der Verwirklichung seiner technischen Ideen zu leben. International bekannt wurde er jedoch nicht mit seinem Telegraphon, sondern durch seine Arbeiten in der Hochfrequenztechnik mit der Erfindung des nach ihm benannten Lichtbogensenders.

Im Deutschen Museum in München kann man noch heute die verschiedenen Poulsenschen Maschinen aus dieser ersten Zeit sehen. Schon damals waren die drei Grundformen in mechanisch und äußerlich einwandfreier Form ausgeführt. Die Spulenmaschine, bei der der Tonträger von einer Spule auf eine zweite gewickelt wurde, die Walzenmaschine, bei der der Tonträger auf eine Walze gewickelt war, und die Plattenmaschine, deren Tonträger in Form der Schallplatte spiralförmig abgetastet wurde.

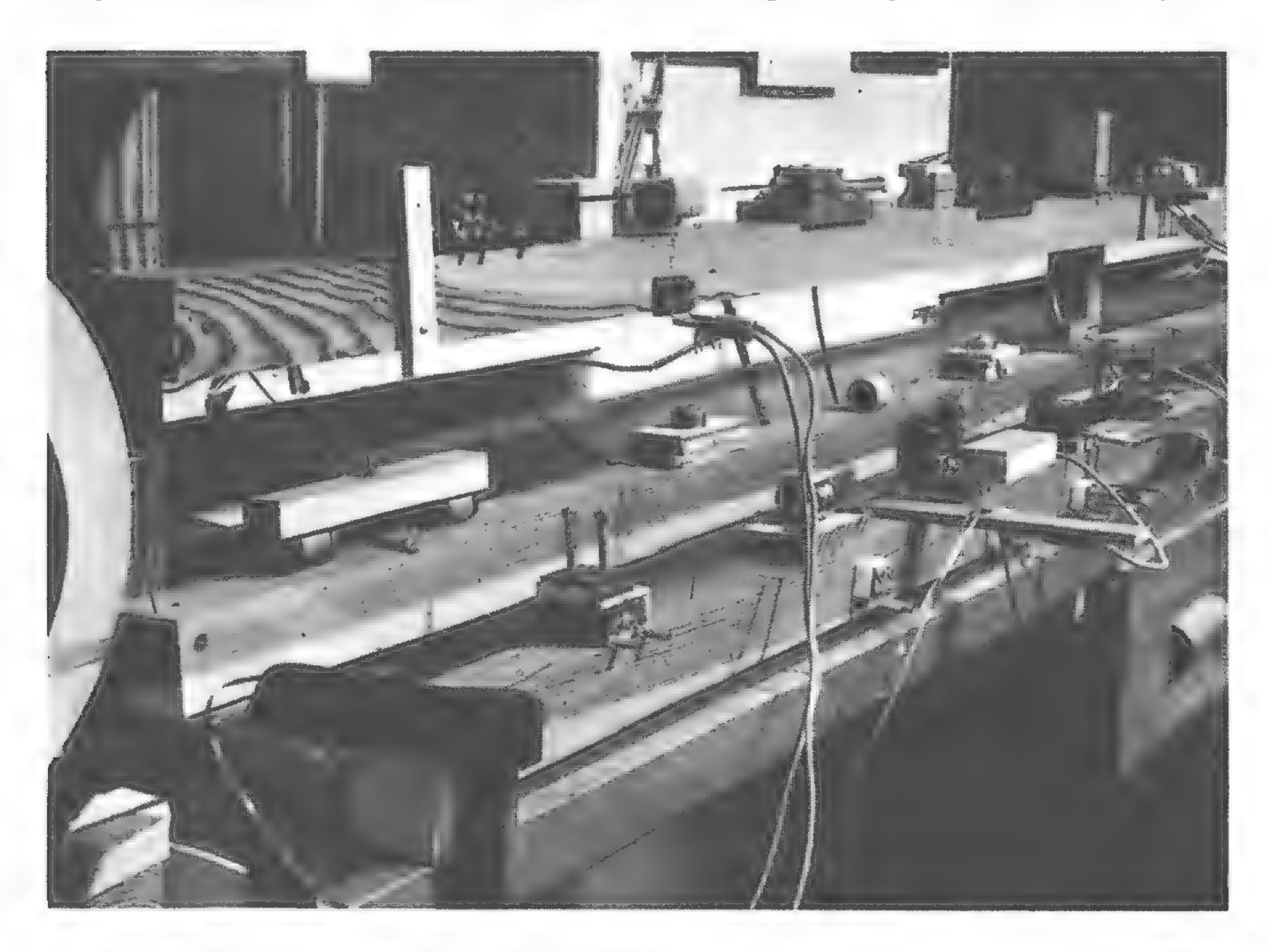
Damals begann der Kampf um die Verringerung der Aufzeichnungsgeschwindigkeiten. Waren bei den ersten Versuchen für die einwandfreie Sprachaufzeichnung noch Geschwindigkeiten von 20 Metern in der Sekunde notwendig, so gelang es Poulsen, bis zur Weltausstellung 1900 durch verbesserte Formgebung der Magnetköpfe und vor allem durch das Prinzip der Gleichstrom-Vormagnetisierung die Geschwindigkeit auf 2 Meter in der Sekunde herabzusetzen. Auf dieser Ausstellung wurde das Poulsensche Telegraphon mit dem Grand Prix ausgezeichnet.

Es scheint, daß Poulsen selbst die damaligen Möglichkeiten fast völlig ausgeschöpft hatte. In den folgenden Jahren haben eine Reihe von Firmen die Idee aufgegriffen, die mechanische Ausführung wurde verbessert und Geräte zur Serienreife entwickelt. Im Jahre 1908 wurden beim Internationalen Technikerkongreß in Kopenhagen sämtliche Reden auf Draht aufgenommen. Für die gesamte Sprechzeit von etwa 14 Stunden wurden immerhin rund 2500 Kilometer Draht benötigt. Aber die Grenze war bald erreicht. Die Verzerrungen ließen sich nicht mehr verringern, solange es keine Verstärker gab. Die immer noch recht hohen Aufzeichnungsgeschwindigkeiten bedingten längere Betriebspausen, da der Rückspulvorgang nicht wesentlich

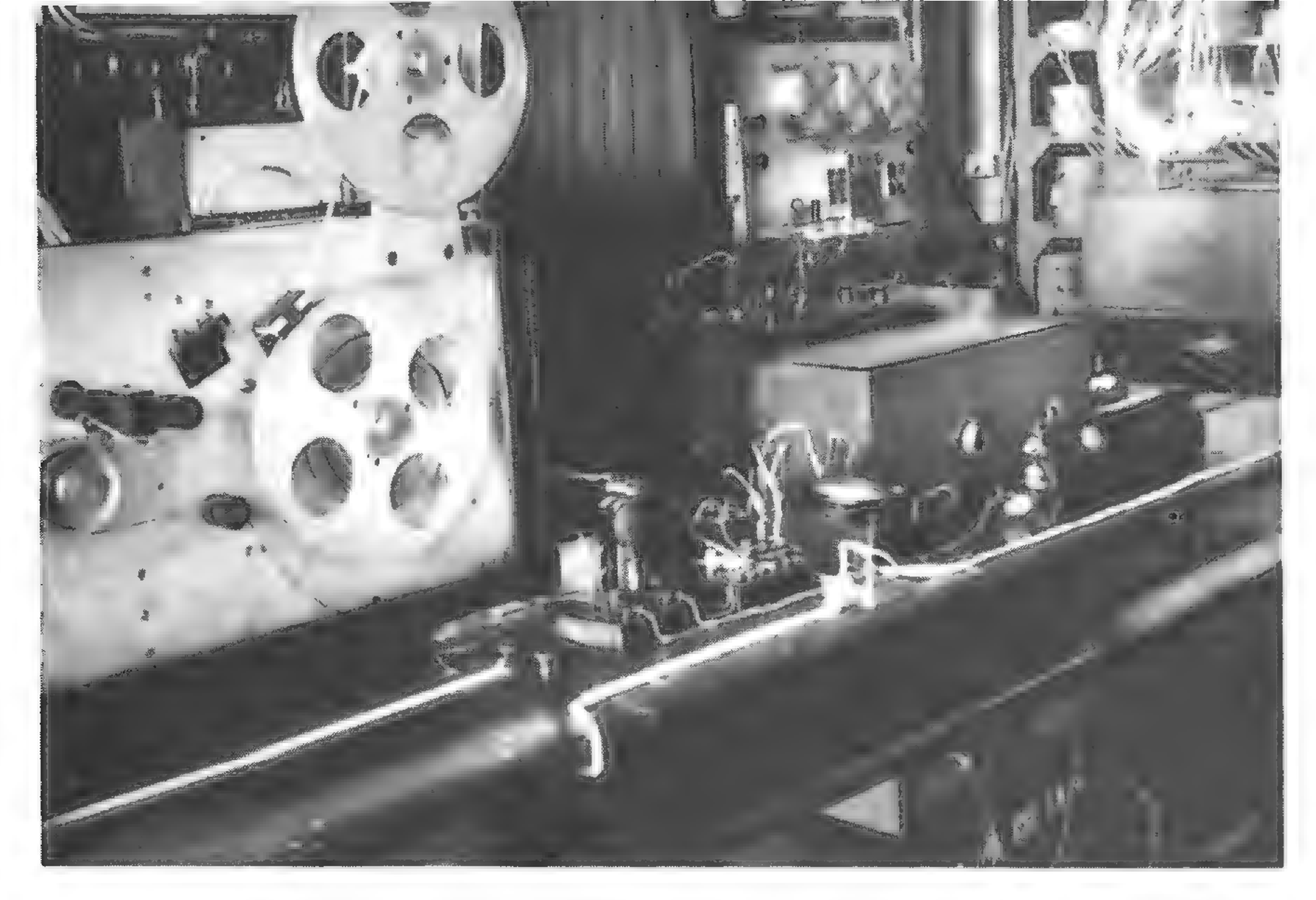
schneller erfolgen konnte. Die Aufnahmezeiten blieben beschränkt. Wenn das Stahlband riß, mußte es geschweißt werden. So war es kein Wunder, daß das anfängliche Interesse bald erlahmte.
Nur der Erfindergeist ruhte nicht. 1916 wird in einem Patent erstmalig die Möglichkeit der gleichzeitigen Aufzeichnung von Bild und Ton für den sprechenden Film erwähnt. Auch ein 'Sprechbrief mit plombierter Unterschrift' wird patentiert. Aus den Jahren 1918/19 stammen die ersten Patente von Dr. Kurt Stille, der schon damals seinen praktischen Sinn bewies, indem er den schon von Poulsen angegebenen Gedanken der unabhängigen Aufzeichnung zweier Signale auf einem Träger zur Ausnutzung des Rücklaufs verwenden wollte. Nach demselben Prinzip denkt Stille daran, gleichzeitig die Impulse für Bild und Ton magnetisch aufzuzeichnen. Mario Marchetti und Ansonio Padiglione in Rom liefern 1922 mit einem weiteren Patent auf diesem Gebiet einen italienischen Beitrag zur Technik des Magnettons.
Der Stahldraht und das Stahlband waren 30 Jahre lang das anscheinend beste Material für die magnetische Tonaufzeichnung. Der beste Magnet war eben der massive Stahl, und wo es galt, mit den beschränkten unverstärkten Sprechströmen eine möglichst große Anzahl von winzig kleinen Einzelmagneten auf einer Vorratsspule unterzubringen, kam es nur darauf an, den Stahl bestmöglich auszunutzen. Die Drähte und Bänder wurden bis zur Grenze der mechanischen Höchstbelastung immer dünner hergestellt.
Zweifellos war die Verbesserung der Verstärkertechnik der Hauptantrieb für das Wiederaufleben des Magnettons in den zwanziger Jahren. Nicht nur, daß man jetzt mit stärkeren Strömen bei der Aufzeichnung arbeiten und die schwachen Hörströme wieder verstärken konnte, so daß der Lautsprecherbetrieb möglich wurde, sondern man konnte nun auch der Verzerrungen Herr werden, die dem Verfahren prinzipiell anhaften. Wie leicht einzusehen ist, werden beim Magnetton bei der Wiedergabe die tiefen Frequenzen, das heißt also: auf dem Träger die langen Wellenlängen, in der Hörspule geringere Ströme induzieren als die höheren Frequenzen. Andererseits ist bei den höchsten Frequenzen durch die räumliche Ausdehnung des Feldes der Köpfe eine Grenze gesetzt. Es ist nun nicht schwer, durch geeignete Schaltmittel in den Verstärkern den Frequenzgang auszugleichen.
Kohl in Chemnitz baute im Jahre 1921 das erste 'lautsprechende Telegraphon'. Als Träger diente eine Stahlscheibe von 130 Millimetern Durchmesser, die wie eine Grammophonplatte in einer Spirale abgetastet wurde.
Dr. Kurt Stille war in den zwanziger Jahren eine der hervorragendsten Persönlichkeiten auf dem Gebiete des Magnettons. Er gründete das *Telegraphone Patent Syndikat* zur Auswertung des Verfahrens. Seine Entwicklungen führten über die *Echophon-Maschinen GmbH.* zum 'Daylygraph', dem

ersten serienmäßig mit Verstärker und Entzerrer herausgebrachten Gerät, und zum ausgereiften Diktiergerät 'Textophon'. Die Versuche, das Verfahren beim Tonfilm einzuführen, führten zu Blattner in England, der alle Rechte von Stille erwarb und das 'Blattnerphone' herausbrachte. Jedoch sollte der Magnetton erst ein Vierteljahrhundert später für den Film reif werden. So landete das Blattnerphone bei der englischen Marconi-Gesellschaft, wo es bei der BBC ausgiebige Dienste leistete. 1932 wurde die historische Weihnachtsansprache König Georgs V. mit dem Gerät aufgenommen und von der BBC gesendet. Auch in Deutschland fanden die 'Stahltonmaschinen' weite Anwendung. Jedoch war an Musikwiedergabe damals noch nicht zu denken.

Die von *Telefunken* maßgeblich mitentwickelte Verstärkerröhre hatte dem Stahlton einen neuen Aufschwung gegeben; aber wiederum schien der Endpunkt einer Entwicklung erreicht. Das Grundrauschen der Tonträger auf der einen und die magnetische Sättigung des Stahls auf der anderen Seite begrenzten den brauchbaren Lautstärkeumfang, die Dynamik, auf ein Span-



Eduard Schüllers erste Versuchsanordnung zur Magnetisierung von bandförmigen Schallträgern — 1932 im Heinrich-Hertz-Institut in Berlin.



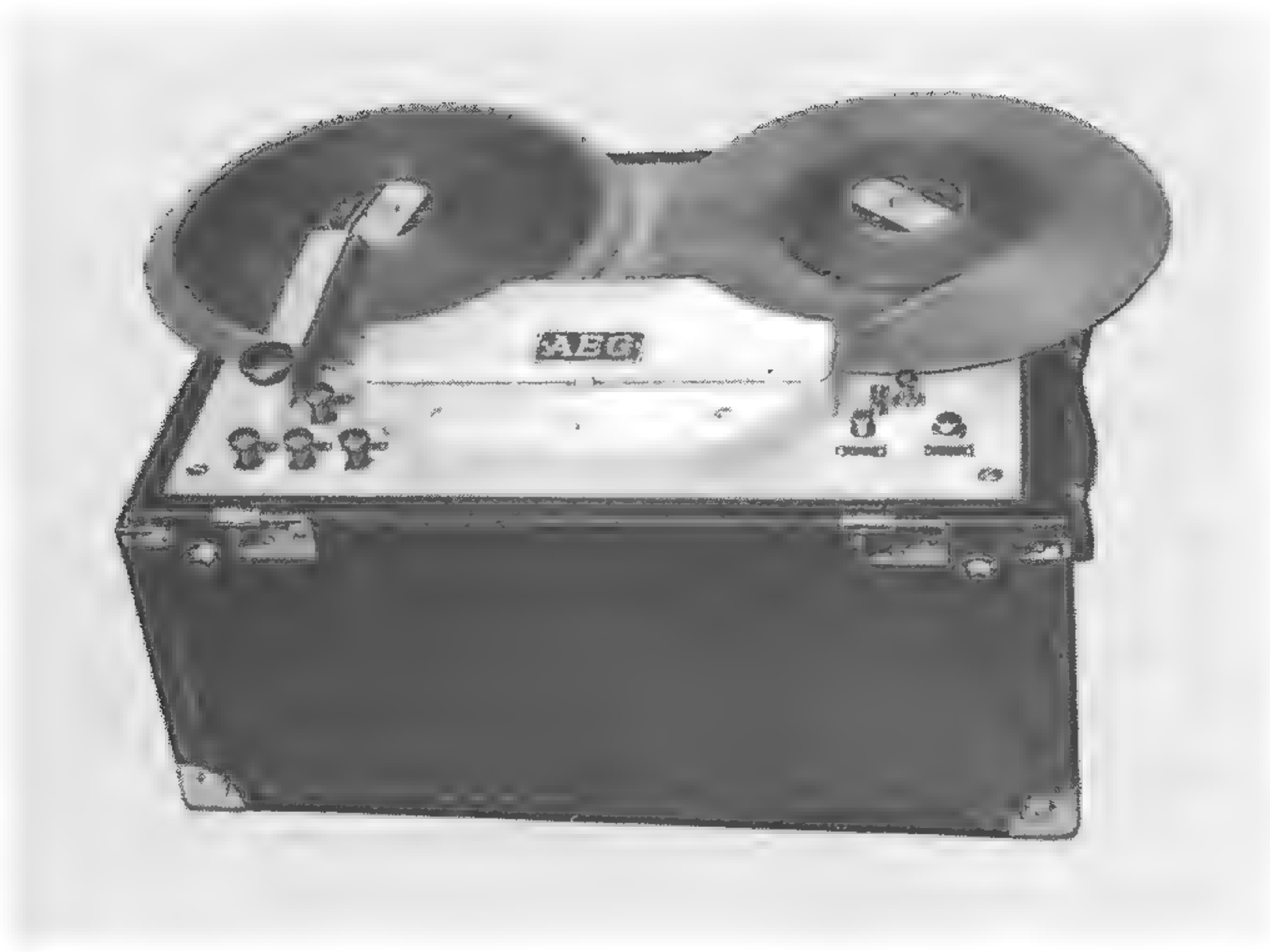
Das erste Labormodell des 'Magnetophon' — 1933 wurde es in der Versuchsabteilung des Kabelwerks Oberspree der AEG aufgestellt.

nungsverhältnis von etwa 1 : 10, in dem elektroakustischen Maß 20 dB (Decibel). Das dB ist ein logarithmisches Maß für das Verhältnis zweier Größen. Man gibt diesem Maß den Vorzug, weil unsere Sinneseindrücke ungefähr den Logarithmen der Reize entsprechen, das heißt: wir empfinden den Unterschied zwischen der Lautstärke zweier Schallquellen, die sich wie 1 : 100 verhalten, etwa doppelt so groß wie bei dem Verhältnis 1 : 10. So entsprechen 20 dB dem Verhältnis 1 : 10, 40 dB 1 : 100, 60 dB 1 : 1000 usw. Dadurch wird das dB als Maß für die Dynamik neben dem Frequenzgang zum Maßstab für die Güte einer Übertragungsanlage.

Bekanntlich war der erste Techniker, der Eisenpulver als Tonträger auf flexibler Unterlage vorschlug, Oberlin Smith. So richtig sich dieser Gedanke heute erwiesen hat, so wenig richtig war der Gedanke in seiner damaligen Form. Erst 1921 tauchte ein ähnlicher Gedanke bei dem Russen Nasarischwily wieder auf. Er hatte bei Versuchen mit vernickeltem Kupferdraht gute Erfolge gehabt und schlug deshalb vernickelte Papierstreifen als Tonträger vor. Nebenbei stammt von Nasarischwily der amüsante Vorschlag, als Tonträger Eisenbahnschienen zu benutzen, mit denen man dem Zugführer der fahrenden Bahn Signale und Texte zusprechen konnte. Seine Versuche auf der Kaukasusbahn im Jahre 1920 sollen sogar erfolgreich verlaufen sein.

Es war kein Wissenschaftler, der die Idee des pulverförmigen Trägers auf-

griff und einer Verwirklichung nahebrachte, sondern ein ideenreicher Außenseiter der Technik — Fritz Pfleumer in Dresden. In aller Stille experimentierte er mit Papiersorten, Klebstoffen und Eisenstäubchen. Es mußte möglich sein, eine gleichmäßige Schicht von Eisenpulver auf ein geeignetes Band zu bringen. 1928 meldete er seine Erfindung beim Patentamt an. Das Patent wurde unter der Nr. 500 900 erteilt. 1932 konnte er die ersten Bänder vorführen und seine Erfindung anbieten. Der entscheidende Vorteil seines Systems lag auf der Hand: Tonaufnahmen konnten nun genau wie Filmaufnahmen in Teilen hergestellt, geschnitten und zusammengestellt werden. Es war die AEG, die diesen entscheidenden Vorzug damals erkannte.
Damit war ihr der Schlüssel zur Weiterentwicklung der neuen Technik gegeben. Trotzdem folgte noch eine längere Periode des Entwickelns, Experimentierens, bis das erste Magnetophongerät der Öffentlichkeit vorgestellt werden konnte. Die Versuche, Papierbänder nach dem Verfahren von Pfleumer herzustellen, scheiterten an der mangelhaften Festigkeit des Materials. AEG-Chef Geheimrat Bücher ergriff mit großem Interesse selbst die Initiative und bat die BASF um ihre Hilfe. Dabei übernahm die AEG die gerätetechnische Entwicklung, während die BASF Bänder auf Kunststoffbasis zu entwickeln begann. 1932 wurden die ersten Versuche mit einem Kunststoffband mit Eisenpulver vorgenommen.
Ein Jahr später gelang es Dipl.-Ing. Schüller, einem damaligen Magnettonentwickler der AEG, durch Erfindung des Ringkopfes den bis dahin schwächsten Punkt des Verfahrens zu beseitigen. Schon Poulsen hatte erkannt, daß es darauf ankam, die Einwirkung der Magnetköpfe auf den Träger möglichst punktförmig zu gestalten. Doch die Streuung der Felder der Elektromagneten bildete 35 Jahre lang ein kaum lösbares Problem. Schüller bildete seinen Magnetkopf als Ring aus, der an einer Stelle einen möglichst schmalen Spalt hatte. Wurden bis dahin bei fast allen Systemen die Bänder von dem Magneten mehr oder weniger umschlossen, so wurde jetzt das Band mit seiner aktiven Seite in engem Kontakt an den Spalt des Ringes vorbeigezogen. Das Feld des Elektromagneten wurde sozusagen in dem Ring gefesselt und konnte nur an der Stelle des schmalen Spaltes austreten. Bis heute ist der Ringkopf bei allen Qualitätstonbandgeräten in fast unveränderter Form beibehalten worden.
So konnte bei der großen Funkausstellung 1935 in Berlin das erste voll ausgereifte Bandgerät unter der Markenbezeichnung 'Magnetophon' ein großer Erfolg werden. Bei einer Bandgeschwindigkeit von 1 Meter in der Sekunde gab es einen Frequenzbereich von 50 bis 6000 Hz wieder, was damals schon über den Anforderungen für den Rundfunk lag. Gleichzeitig war die Dynamik mit etwa 35 dB mindestens ebenso gut wie die irgendeines

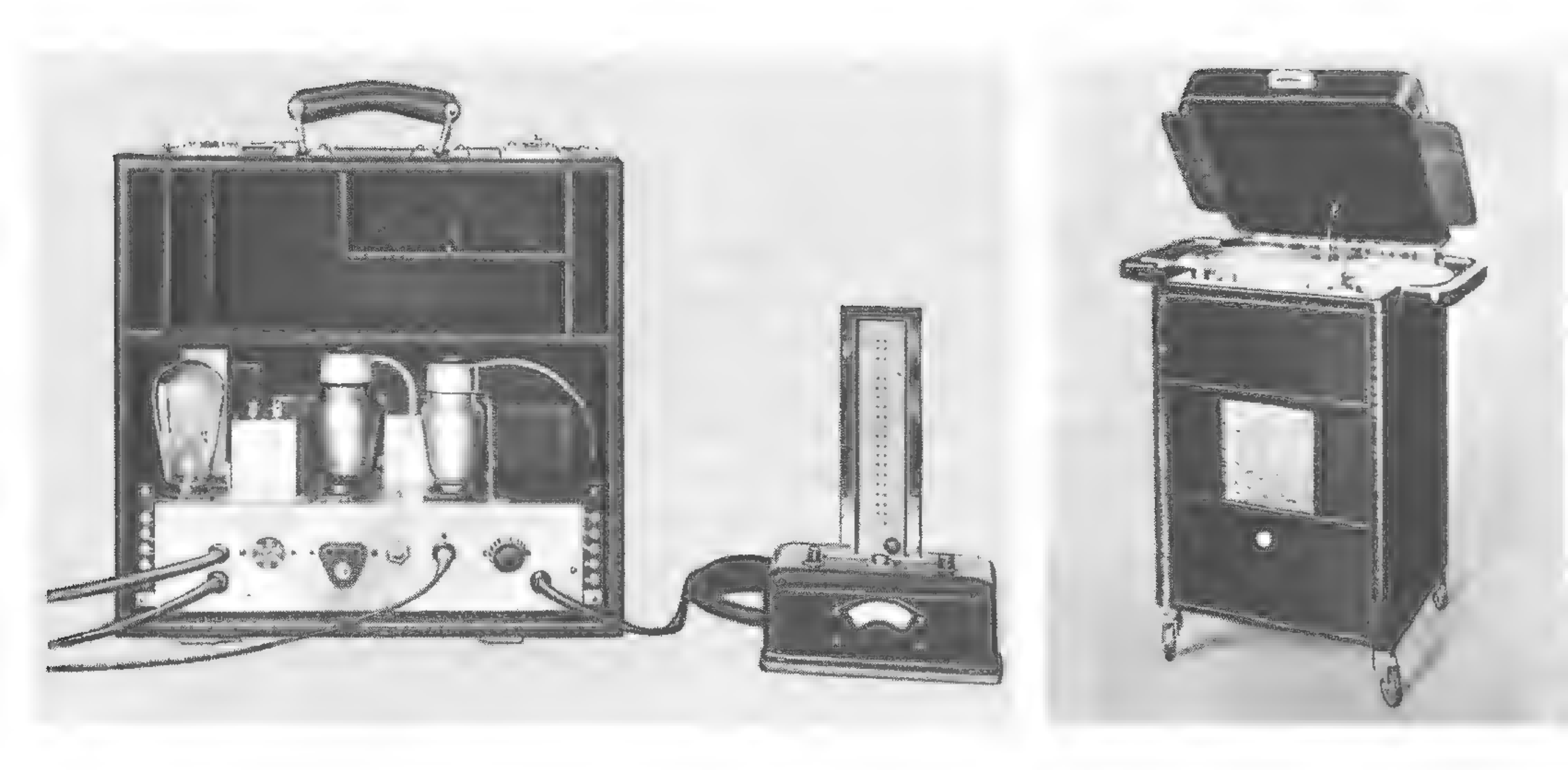


Magnetophon K 1 – in solcher Gestalt (rechts außen) gab das erste aller Tonbandgeräte sein Debüt auf der Berliner Funkausstellung 1935. Handlich wirkt daneben schon das Koffergerät (links) mit Verstärker (Innenansicht rechts) und Kammermikrofon mit Batteriekasten.

anderen Verfahrens. Ein Jahr später konnte die Bandgeschwindigkeit auf 77 Zentimeter in der Sekunde herabgesetzt werden.

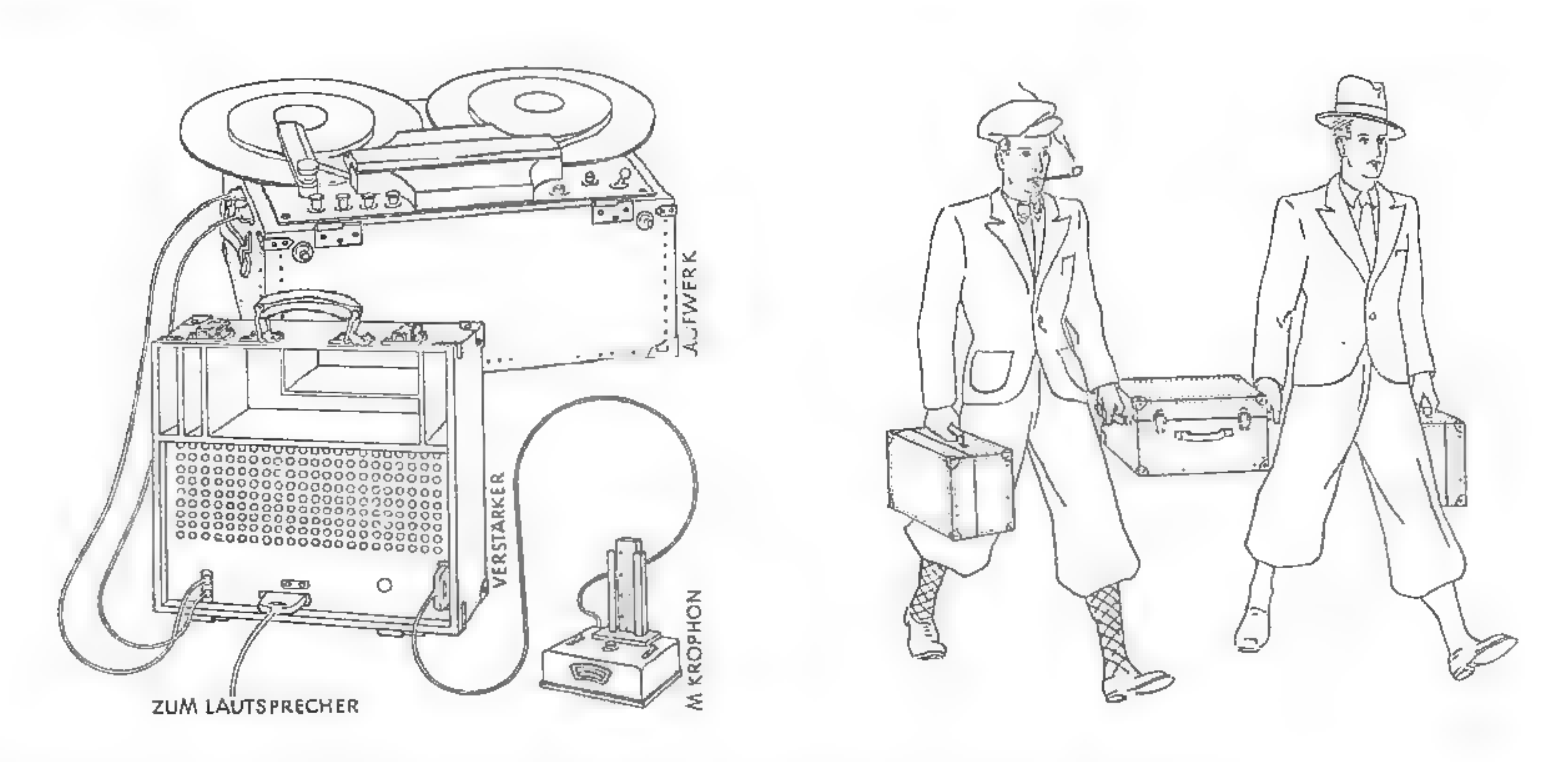
Das Grundrauschen der Bänder blieb für die Entwickler in Deutschland das Hauptproblem, obwohl die starkkörnige Oberfläche der Pfleumerschen Papierbänder inzwischen einer gleichmäßig matten Oberfläche der Carbonyleisenbänder gewichen war. Da man glaubte, daß eine Verbesserung der Homogenität der Schichten Abhilfe schaffen könne, wurde auf die Verbesserung der Bänder das Hauptgewicht gelegt. Die Zusammenarbeit der I.G. Farben und der AEG schuf in den folgenden Jahren neue und bessere Bänder. 1936 hatte man die günstigen mechanischen und magnetischen Eigenschaften der magnetischen Oxide erkannt, auf die schon Pfleumer hingewiesen hatte. Dr. Matthias von der BASF schuf das C-Band, ein Acetylzelluloseband mit einer Schicht von magnetischem Oxid. Es war dies die erstmalige technische Verwendung von Ferrit, der später als Dauermagnetwerkstoff große Bedeutung bekommen hat. Die Erfahrungen der chemischen Industrie bei der Beschichtung fotografischer Filme kamen dieser Arbeit zu Hilfe, so daß Schichten und Bänder von geradezu idealer Gleichmäßigkeit hergestellt werden konnten. Das Rauschen lag dadurch zwar schon in der gleichen Größenordnung wie bei Schallplatte und Tonfilm, jedoch fehlte, um die bekannten Verfahren zu verdrängen beziehungsweise zu übertreffen, noch ein weiterer Schritt: die Verbesserung der Dynamik.

Der deutsche Rundfunk hatte die Vorteile und Möglichkeiten des Magnettons erkannt. Mit Stahlband-Maschinen hatte er bereits Erfahrungen gesam-



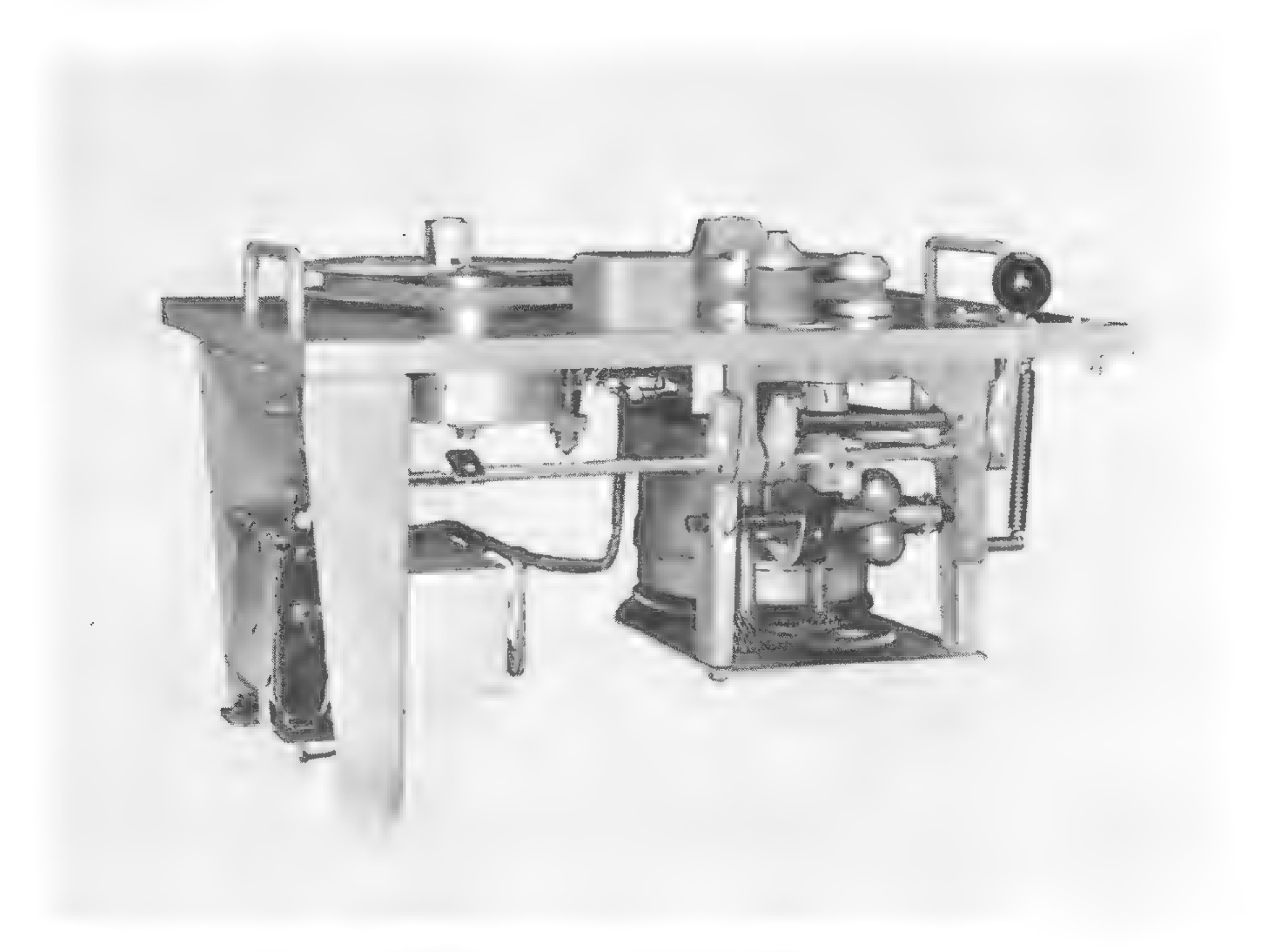
melt und nahm sich jetzt des neuen Verfahrens an. Er benutzte ab 1937 das Magnetophon in zunehmendem Maße. Gleichzeitig nahm er aktiven Anteil an der Weiterentwicklung. Vor allem konnten H. J. v. Braunmühl, der heutige technische Direktor des Südwestfunks, und W. Weber von dieser Seite aus zur Weiterentwicklung der Tonbandtechnik beitragen. Und hier ist es wieder der schöpferische Zufall, der zur vielleicht wichtigsten Verbesserung des Magnettons führte.

Im Jahre 1940 arbeiteten Braunmühl und Weber an dem Problem, durch Gegenkopplung des Sprechkopfes die in diesem infolge der Bandungleich-



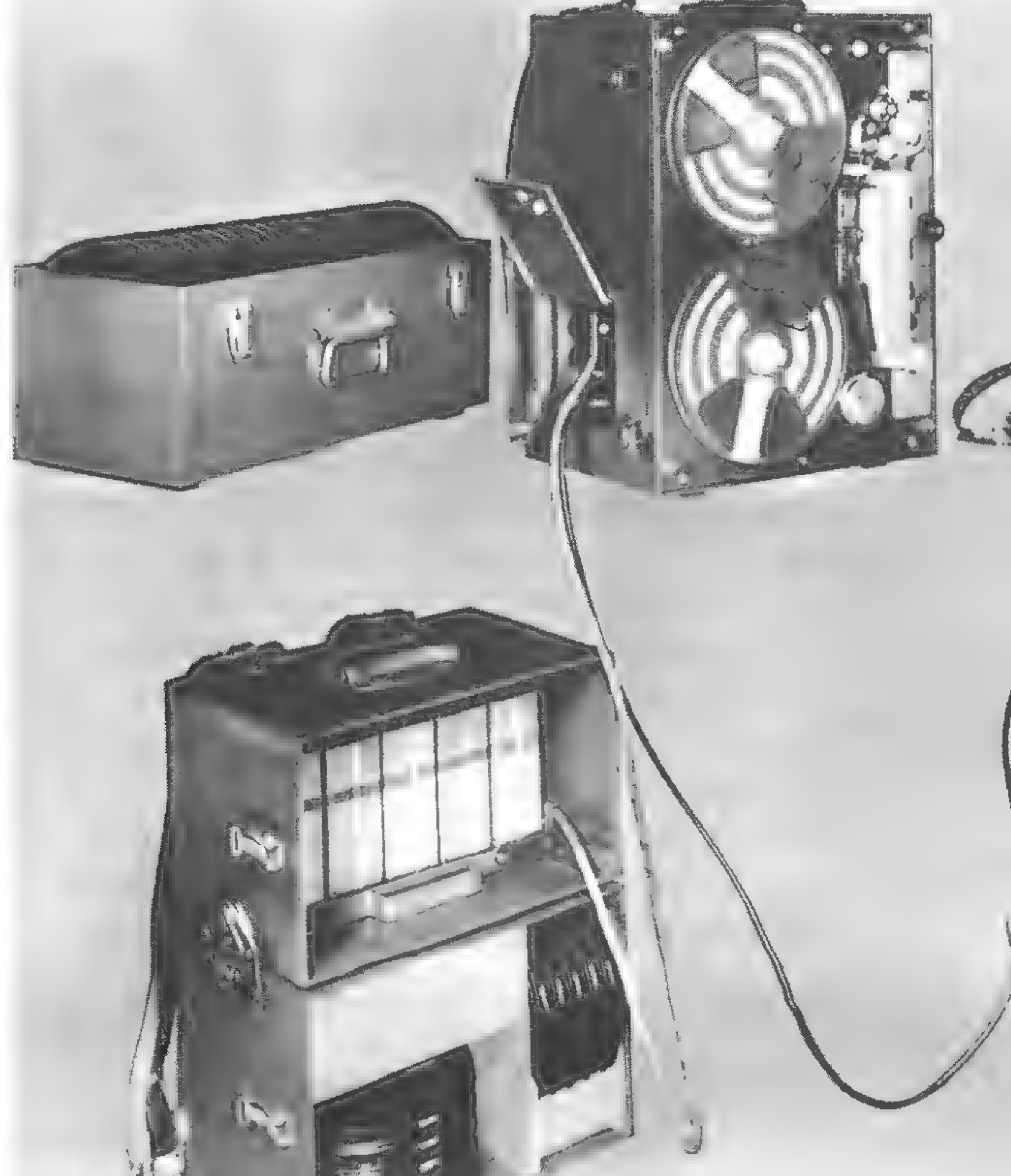
Tragbares K 1 — 'einfach' aufzubauen, 'bequem' zu transportieren.

mäßigkeiten induzierten Störspannungen zu kompensieren. Es verschlug ihnen fast den Atem, als bei den Versuchen plötzlich das Rauschen wegblieb. Beim weiteren Suchen fanden sie, daß die Gegenkopplung nicht die Ursache sein konnte. Schließlich stellte sich aber heraus, daß der Verstärker durch Vertauschen der Gegenkopplungsleitungen ungewollt ins Schwingen geraten war. Aus der Gegenkopplung war eine Mitkopplung geworden, die eine Frequenz erzeugte, die oberhalb der Hörbarkeit lag. Der Zufall hatte wieder einmal Pate für eine grundlegende Entdeckung gestanden. Die Ursache wurde erkannt, und die große Leistung der beiden Männer war, sie richtig auszuwerten. Der schöpferische Zufall braucht den Nährboden eines schöpferischen Geistes. Braunmühl und Weber erkannten, daß eine Überlagerung der Sprechströme mit einem hochfrequenten Wechselstrom das Grundrauschen um bis zu 30 dB senkt. Hierdurch gelang es mit den sonst unveränderten Maschinen, eine Dynamik von 60 bis 70 dB zu erreichen. Mit einem Schlage war nun der Magnetton allen anderen Verfahren weit überlegen. 1941 wurde im UFA-Palast in Berlin der HF-Magnetton der interessierten Fachwelt vorgeführt. Der Erfolg war überwältigend.



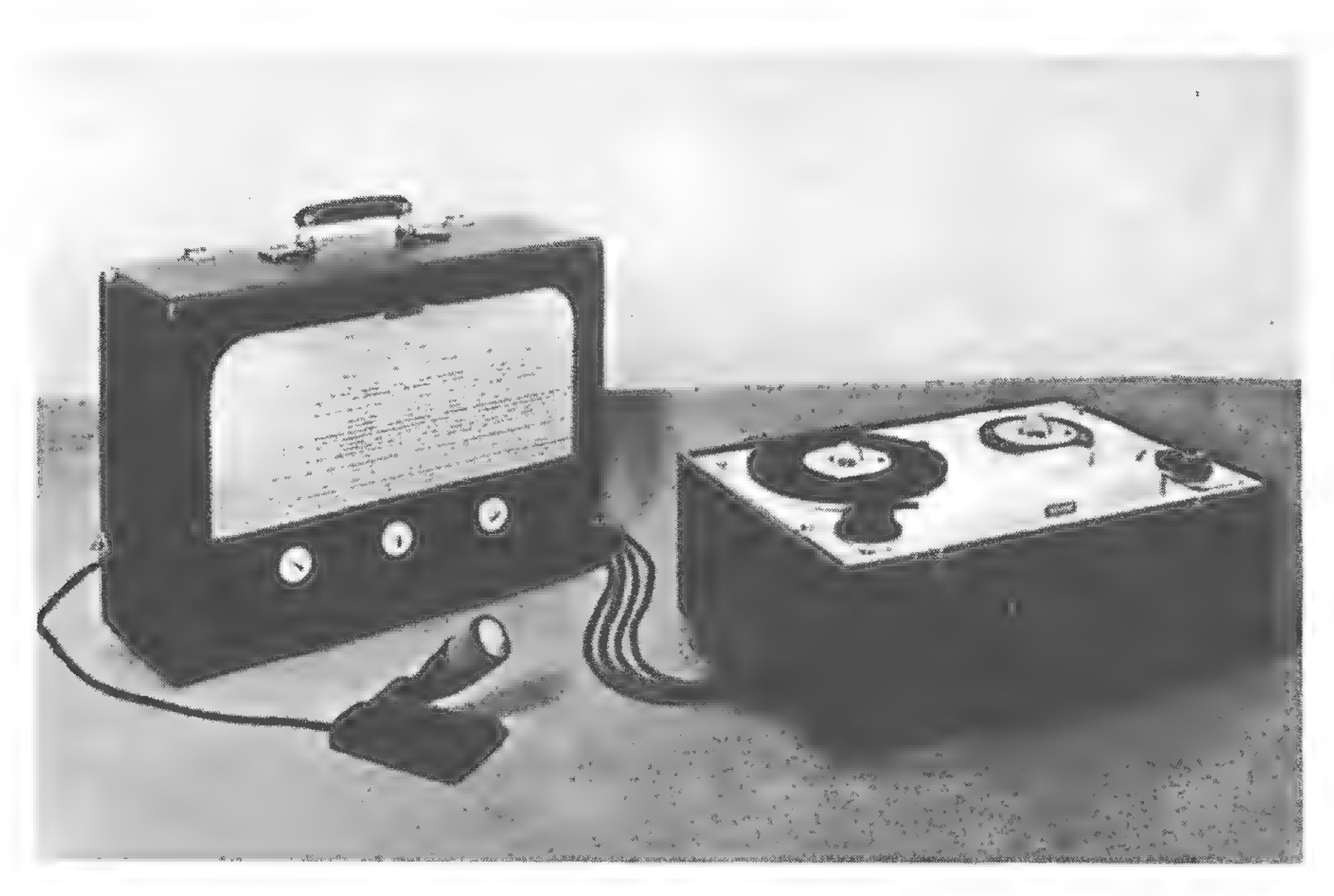
Doch ist dies nicht die ganze Geschichte der Hochfrequenz-Vormagnetisierung. Die Amerikaner Carlson und Carpenter hatten von 1921 an im amerikanischen Marine-Versuchslaboratorium Versuche zur Aufzeichnung und Wiedergabe von Funksignalen unter Verwendung magnetischer Detektoren angestellt. Sie hatten dabei gefunden, daß man wesentlich schwächere Signale magnetisch aufnehmen konnte, wenn man dem Signal einen Wechselstrom von etwa 10 000 Hz überlagerte. Obgleich das amerikanische Patent von Carpenter und Carlson bereits im Jahre 1927 erteilt wurde, hat es nicht befruchtend auf die weitere Entwicklung der Magnettontechnik gewirkt.
Das gleiche gilt für ein im Jahre 1938 angemeldetes japanisches Patent, das die Hochfrequenz-Vormagnetisierung zum Gegenstand hat.
Was die Frage der Priorität anbelangt, so deutet die Entwicklungsgeschichte mit den 'wilden Verstärkern' darauf hin, daß Braunmühl und Weber ihre Erfindungen unabhängig von den erwähnten älteren Vorschlägen gemacht haben. Es bleibt auf jeden Fall die Tatsache, daß die beiden Männer die Tragweite der Erfindung erkannt und als erste praktische Folgerungen daraus gezogen haben. In Zusammenarbeit mit der AEG wurde das erste brauchbare Gerät mit Hochfrequenz-Vormagnetisierung mit überragender

Tonschreiber Cäsar – das erste Federwerks-Tonbandgerät der Welt (links). Den Strom für Mikrofon und Vormagnetisierung lieferte eine 4,5-Volt-Kleinbatterie.

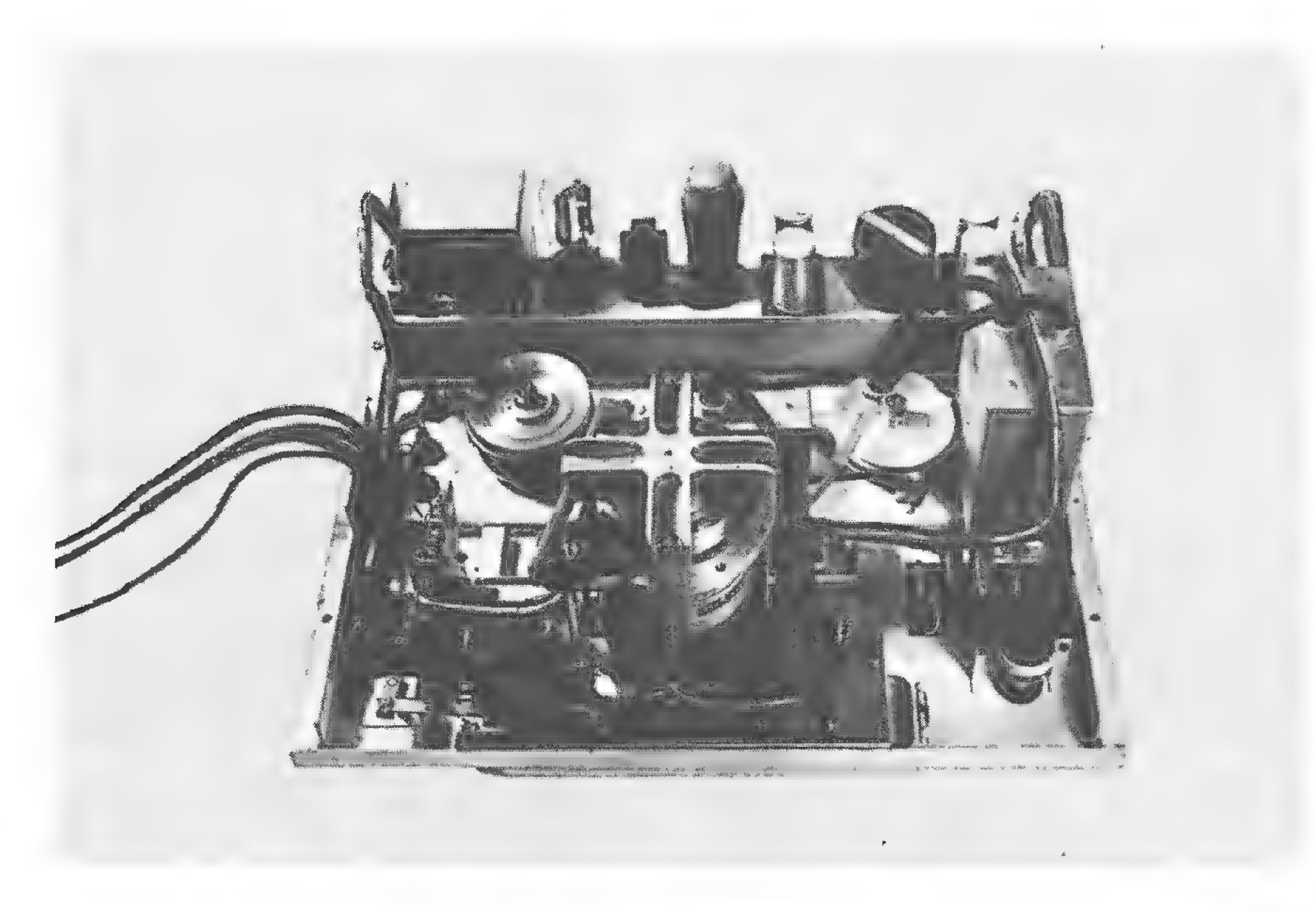


Tonschreiber Dora – der Reportagetornister für Batteriebetrieb (rechts). Das 1941 gebaute Gerät mit einer Laufzeit von zehn Minuten war für Musikaufnahmen geeignet.

Wiedergabequalität entwickelt. Für die Priorität Braunmühls und Webers spricht auch, daß die konkurrierende Industrie, die doch stark an einer Vernichtung des Patents 743 411 interessiert war, niemals eine Nichtigkeitsklage versucht hat! Das Patent ist vielmehr nach Ablauf seiner natürlichen Lebensdauer erloschen.
Trotz des Krieges kam die Weiterentwicklung des Magnettons in Deutschland nicht zum Stillstand. 1943 kam das 'Masseband' heraus, bei dem das magnetische Oxid in eine Folie aus PVC (Polyvinylchlorid) eingewalzt wurde. Eigentlich war das Masseband eine Notlösung, da die Gießanlage für die Fertigung durch Explosion zerstört worden war. Ein Jahr darauf wurde das LGN-Band entwickelt, das wieder eine Oxidschicht auf einer Luvithermfolie trug.
Auch die Geräteentwicklung bekam in diesen Jahren einen starken Aufschwung, da sich das Magnetophon für den Funkempfang als nützlicher Helfer herausstellte. Es entstand damals bei der AEG das erste kleine Funkreporter-Gerät mit Federwerksantrieb und 19-cm-Bandgeschwindigkeit. Das Jahr 1945 brachte die Unterbrechung dieser deutschen Entwicklungsarbeit mit sich und den Totalverlust des deutschen Patentbesitzes. Ohne Zweifel erhielt die Entwicklung der Tonbandtechnik dadurch in aller Welt erheblichen Aufschwung. So riß das Hochfreqenz-Vormagnetisierungs-Verfahren die amerikanische Konkurrenz aus ihrem Dornröschenschlaf. Mit dem Bekanntwerden der deutschen Geräte setzte der 'run' auf die neue Technik ein. Während in Deutschland jedoch aus zeitbedingten Gründen nur technische Geräte größeren Stils, besonders für den Rundfunk, gefertigt wurden, entwickelte man in den USA sehr rasch eine Fülle billiger Heimgeräte. Bis 1951 hatte die amerikanische Industrie bereits mehr als 200 000 moderne Geräte verkauft. 90 Prozent aller Tonfilme wurden in diesem Jahre bereits im Magnetton aufgenommen und mehr als 25 Prozent aller Rundfunksendungen vom Band abgespielt. War in Deutschland schon kurz nach der Einführung der Hf-Vormagnetisierung die Schallplattenindustrie dazu übergegangen, alle Aufnahmen vom Band zu schneiden, so hatte diese Technik in den Staaten einen direkten Einfluß auf die Entwicklung der Langspielplatten. Die beinahe unbegrenzten Möglichkeiten der Korrektur einer Bandaufnahme durch Schneiden und Überspielen machten die schwierige Technik des Schneidens von Langspielplatten erst wirtschaftlich möglich.
Technische Kinder wachsen und schrumpfen nach besonderen Gesetzen. Sie treten ins Licht in der ungefähren Größe eines Labortisches oder einer Werkbank. Das gilt für die Dampfmaschine oder das Telegraphon genauso wie für den ersten Nachweis der Kernspaltung durch Hahn. Nach Überwindung der Kinderkrankheiten aber läuft ihre Größenentwicklung in ent-



Magnetophon AW 1 – es gilt als das erste Vollspur-Heimgerät. Diese Ausführung von 1950 für Spulen-Standardband (700 m) kostete 1980,– DM.



gegengesetzten Richtungen, je nachdem, ob sie Arbeiter der Faust oder Geistesarbeiter werden sollen. Die Kraftmaschinen wachsen nicht nur ihren Schöpfern, sondern auch deren Wohnhäusern über den Kopf, während die anderen immer kleiner werden, bis man eines Tages sein Bandgerät zwischen Autoschlüsseln und Fotoapparaten in der Hosentasche suchen muß. Die Magnettongeräte haben sich in beiden Richtungen entwickelt. Die Studiogeräte für den Rundfunk und Film wurden zu schweren Maschinen in Schreibtischgröße. Für die Heim-Tonbandgeräte konnten die Dimensionen der Einzelteile, der Röhren, Kondensatoren, der Motoren und mechanischen Einrichtungen so weit verringert werden, daß diese Geräte heute überall hinpassen. Wesentlich dazu beigetragen hat die Verringerung der Bandgeschwindigkeiten und die Mehrspurtechnik. Die Maschinen für den Rundfunk arbeiten mit einer Geschwindigkeit von 38,1 Zentimetern in der Sekunde. Durch wiederholte Halbierung dieser Geschwindigkeit wurden die Spielzeiten entsprechend erhöht beziehungsweise die Bandspulen kleiner. 1953 sah man eine Geschwindigkeit von 19,05 Zentimetern pro Sekunde für preiswerte Haus-Magnettongeräte noch als ausreichend an.
Es wäre einer gesonderten Betrachtung wert, die Zusammenhänge zwischen der Entwicklung neuer Werkstoffe und den Ergebnissen der Technik auf allen Gebieten zu untersuchen. Dem Konstrukteur und Forscher von heute stehen Materialien zur Verfügung, deren Eigenschaften man noch vor 30 Jahren für utopisch gehalten hätte. Fritz Pfleumer, der 1928 noch mit Papierbändern experimentierte, würde denken, er träume, wenn ihm die Eigenschaften der heute verwandten Folien und Bandmaterialien, Cellulosefilm, Polymerisatfilm, Polyesterfilm, demonstriert würden. Obwohl wesentlich schmaler und dünner als sein Papierband, sind sie praktisch unzerreißbar. Und Valdemar Poulsen, der als erster mit dem Stahlband experimentierte, wäre fassungslos, wenn er die dünne ferromagnetische Schicht unter dem Mikroskop betrachten könnte, die heute als Tonträger der Tonband- und Diktiergeräte verwendet wird.
Wie geht das nun alles weiter? Es ist sicher nicht schwer, der Magnetaufzeichnung die phantastischsten Prognosen zu stellen.
Mit der Einführung neuer Fertigungsmethoden und Subminiaturtechnik wird die Zahl der Tonbandgeräte etwa in demselben Maße steigen wie die Zahl der Fernsehgeräte. Als Informationsspeicher wird die Magnetaufzeichnung neben anderen Methoden an Bedeutung zunehmen, speziell bei der Speicherung des geschriebenen und als Impulsfolge verschlüsselten Wortes. Magnetische Speicher für die Impulsaufzeichnung werden immer kleiner.
Was die Technik auch bringen wird — die Geschichte wird nicht von Maschinen, sondern von Menschen gemacht.

Was ist Schall?

Es erscheint als eine Selbstverständlichkeit, daß die Welt um uns materiellen Charakter hat. Denn fast alles, was wir in unserer Reichweite mit den Augen wahrnehmen, läßt sich auch mit den Händen greifen. Es sind Dinge, deren materielle Existenz immer wieder durch die Erfahrung so deutlich bestätigt werden kann, daß wir auch optische Eindrücke, die aus unüberbrückbaren Entfernungen zu uns gelangen, materiellen Ursachen zuschreiben.

Dem denkenden Menschen fällt aber auf, daß eine große Anzahl dieser Dinge nur unter bestimmten Voraussetzungen sichtbar ist. Ihre Sichtbarkeit verdanken sie dem Umstand, daß sie vom Licht getroffen, das heißt, beleuchtet werden. Was unsere Augen als Körper erkennen, ist nichts anderes als das von dem Körper reflektierte Licht, das, von irgendeiner Quelle erzeugt, die Sinneszellen in der Netzhaut unserer Augen reizt.

Die Lichtquelle selbst bleibt immer sichtbar, wenn sie nicht ausgelöscht oder verdeckt ist. Objekte, die selbst nicht leuchten, die also keine Lichtquellen sind, kann man jedoch nur sehen, wenn sie von der geheimnisvollen Energie getroffen werden, die eine Lichtquelle aussendet.

Gegenstände und Lichtquelle sind materiell erfaßbar. Was sie miteinander verbindet und dem Auge erkennbar macht, ist jedoch eine nichtmaterielle Erscheinung. Wenn wir von Lichtstrahlen sprechen, ist das nur die Umschreibung einer materiell nicht greifbaren, aber dennoch sehr realen Erscheinung, über deren eigentliches Wesen erst die Physik im Laufe einer langen Forschungsarbeit Aufschluß zu geben vermochte.

Das Auge ist jedoch nicht das einzige Sinnesorgan, das uns Kunde gibt von der uns umgebenden Welt. Schlagen wir zwei Gegenstände aneinander, dann hören wir es. Was beim Schlagen erzeugt wurde, ist Schall. Da je nach der Kraft, mit der die Gegenstände aneinandergeschlagen wurden, lauter oder leiser Schall entsteht, muß dieser Schall Energie in verschiedenen Beträgen enthalten.

Wir hören den Schall scheinbar unabhängig davon, ob wir mit den Gegenständen, die ihn erzeugen, verbunden sind oder nicht, gleichgültig, ob es Tag ist oder Nacht. Ja, wir können bei einiger Aufmerksamkeit feststellen, daß wir, ähnlich wie beim Licht, den Schall direkt von der Quelle oder von materiellen Gegenständen reflektiert wahrnehmen. Also ist es naheliegend, zu schließen, daß auch hier eine nicht materielle Erscheinung die Verbindung

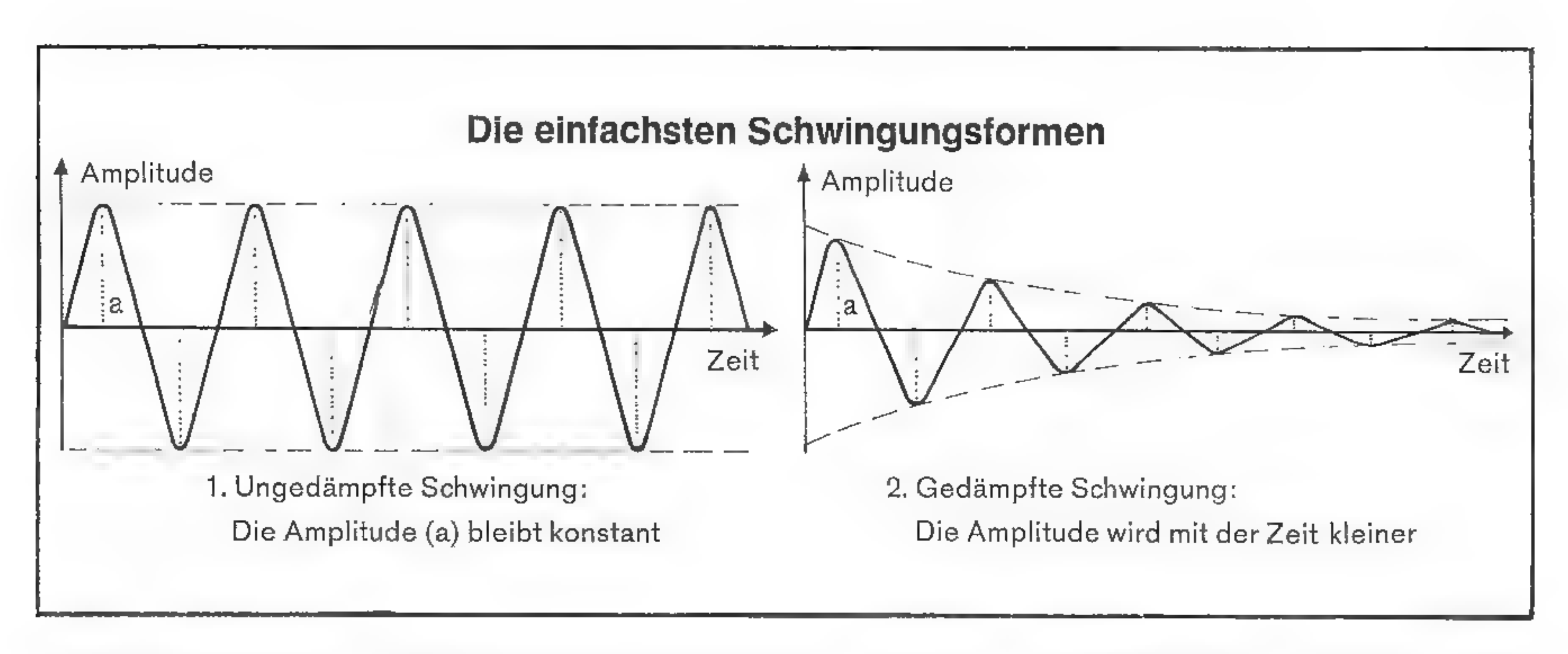
der Schallquelle mit dem aufnehmenden Sinnesorgan, dem Ohr, herstellt. Der Schall – die Welt der Töne – scheint ebenso wie die Welt des Lichtes und der Farbe vom Gewicht der Materie und der Körperlichkeit der Dinge befreit zu existieren. Das ist aber ein grundsätzlicher Irrtum: Wir sehen das Licht der Sonne, das aus einer Entfernung von rund 150 Millionen Kilometern zu uns gelangt, aber wir hören nichts von den ungeheuren Explosionen, die das Zentralgestirn gleichzeitig erschüttern. Der Schall dringt nicht durch den leeren Raum, er braucht ein Medium, um sich fortpflanzen zu können. Die Aufnahme von Schall ist an eine direkte materielle Verbindung mit seinem Ursprung gebunden. Der Schall ist keine Energie, die sich durch Strahlung fortpflanzt, wenn man auch unkorrekt oft von Schallabstrahlung spricht. Er wird in Form einer materiellen Bewegung fortgeleitet und kann ohne Materie nicht existieren. Auch die Luft ist nichts anderes als Materie, allerdings im Zustand eines unsichtbaren Gases.

Wenn wir es auch nicht ohne weiteres mit den Augen sehen können: Schall ist eine materielle Bewegung. Der Hammerschlag auf ein Brett gibt dessen Molekülen einen Anstoß in Richtung des Schlages. Infolge der Elastizität des Materials folgt der dabei erzeugten Durchbiegung ein Zurückschwingen in entgegengesetzter Richtung. Man spricht deshalb auch von einer Schwingung. Die Materieteilchen pendeln so lange hin und her, bis die durch den Schlag mitgeteilte Energie aufgezehrt ist, erst dann herrscht wieder Ruhe.

Dieser Ablauf hängt selbstverständlich von der Beschaffenheit des Materials ab. Schlägt man auf eine nicht elastische weiche Masse, führt dieser Schlag zu einer Verformung ohne Schwingung. Je höher die Elastizität des Materials ist, um so exakter und vollständiger schwingt es wieder zurück. Die Schallenergie wird also je nach der Materialbeschaffenheit verschieden schnell aufgezehrt. Man spricht auch von einer unterschiedlichen Dämpfung des Schalls.

Erzeugen wir die gleiche Erscheinung auf einer Wasseroberfläche, indem wir einen Stein hineinwerfen, dann wird das Hin- und Herschwingen der Materieteilchen sogar sichtbar. Gleichzeitig kann man aber auch erkennen, daß sich die Bewegung konzentrisch zur Erregungsstelle ausbreitet. Schwimmen einige Holzstückchen auf dem Wasser, läßt sich beobachten, wie die Wellenbewegung unter ihnen fortläuft, sie selbst aber am gleichen Ort bleiben und nur aufwärts und abwärts gerichtete Bewegungen ausführen. Am Rande des Wasserbeckens sehen wir die Wellen in ganz bestimmter Weise wieder zurücklaufen, wie wenn dort neue Wellen entstanden wären.

Mit diesen einfachen Beobachtungen haben wir die wichtigsten Eigenheiten materieller Bewegungen erfaßt, die auch die Grundlagen der Akustik sind. Der Schall ist eine regelmäßige oder periodisch gleichartig verlaufende materielle Bewegung, die auch als Schwingung bezeichnet wird. Sie ist dadurch



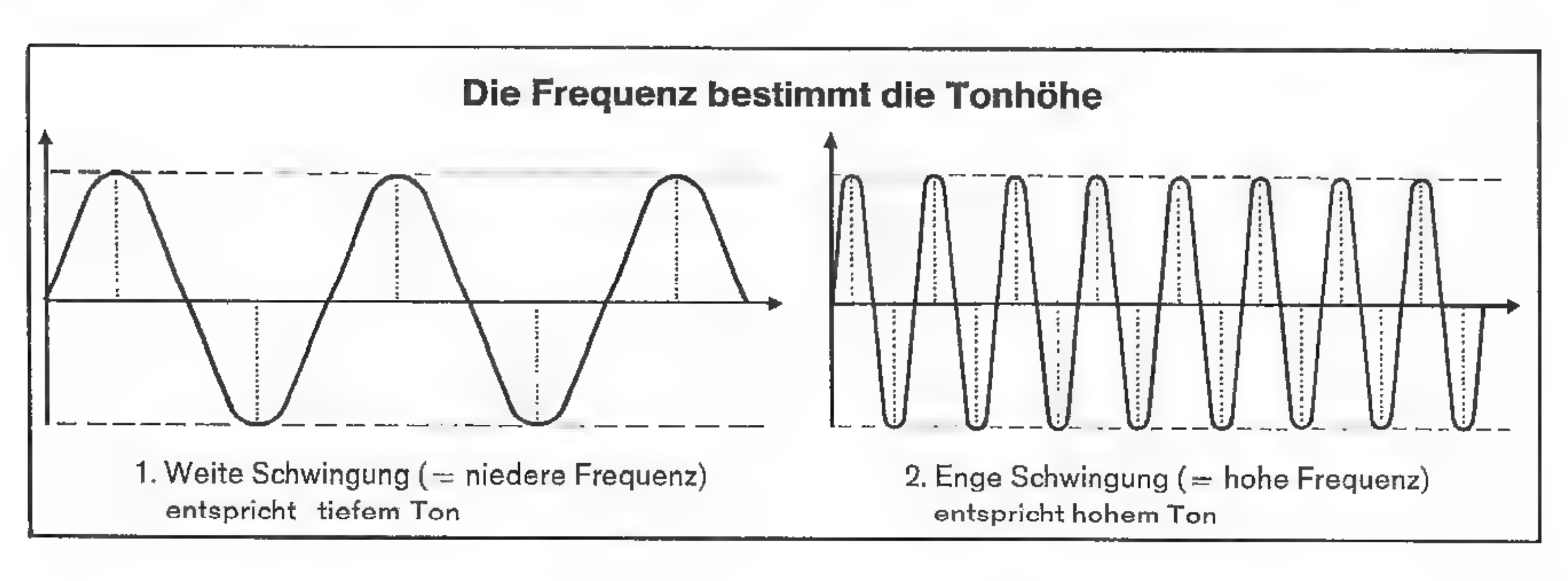
1. Ungedämpfte Schwingung:
Die Amplitude (a) bleibt konstant

2. Gedämpfte Schwingung:
Die Amplitude wird mit der Zeit kleiner

gekennzeichnet, daß ein Materieteilchen einen vollständigen Bewegungsablauf von der Ruhelage zu einem maximalen Ausschlag, zurück zur Ruhelage und weiter zu einem entgegengesetzten Maximum und wieder zur Ausgangslage ausführt.

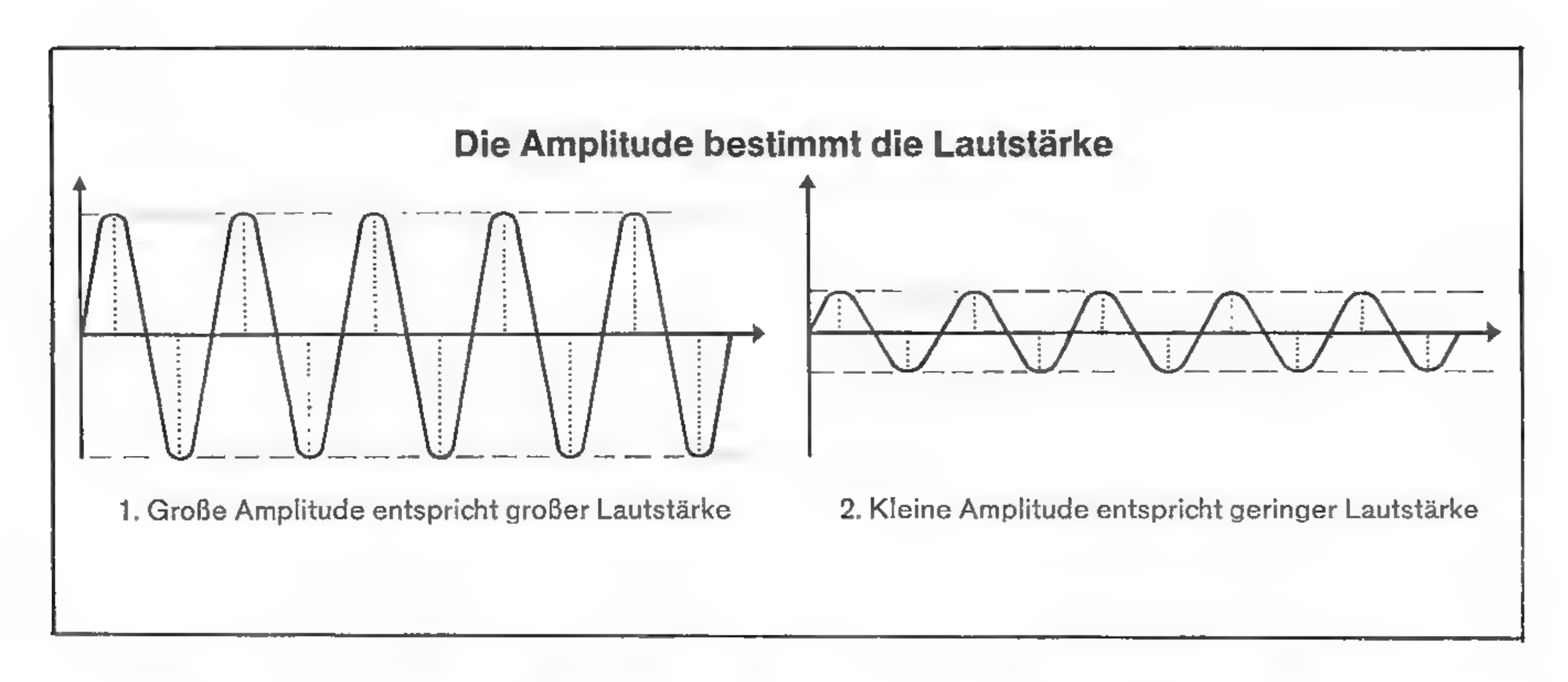
Amplitude und Frequenz kennzeichnen die Schwingung

Studieren wir die Ausbreitung des Schalles, dann erkennen wir, daß dabei keine Querbewegung stattfindet, sondern eine Bewegung parallel zur Fortpflanzungsrichtung. Die Luftmoleküle bewegen sich dabei periodisch ein kleines Stück vorwärts und rückwärts. Dabei entstehen Dichteänderungen der Luft, deren Charakter genau den Schwingungen entspricht. Der Querbewegung der Wasserteilchen kommt hier eine Längsbewegung gleich, bei der ebenfalls Schwingungsweite und Schwingungszahl zu unterscheiden sind. Die Weite des Ausschlags wird als Amplitude bezeichnet. Sie hängt von der Energie oder – wie man es auch ausdrückt – von der Intensität der Schwingung ab. Zeichnen wir diese Schwingungsbewegung in Abhängigkeit der Amplitude von ihrem zeitlichen Verlauf in einem Diagramm auf, entsteht eine Sinuslinie. Deshalb spricht man auch von einer Sinusschwingung.



1. Weite Schwingung (= niedere Frequenz)
entspricht tiefem Ton

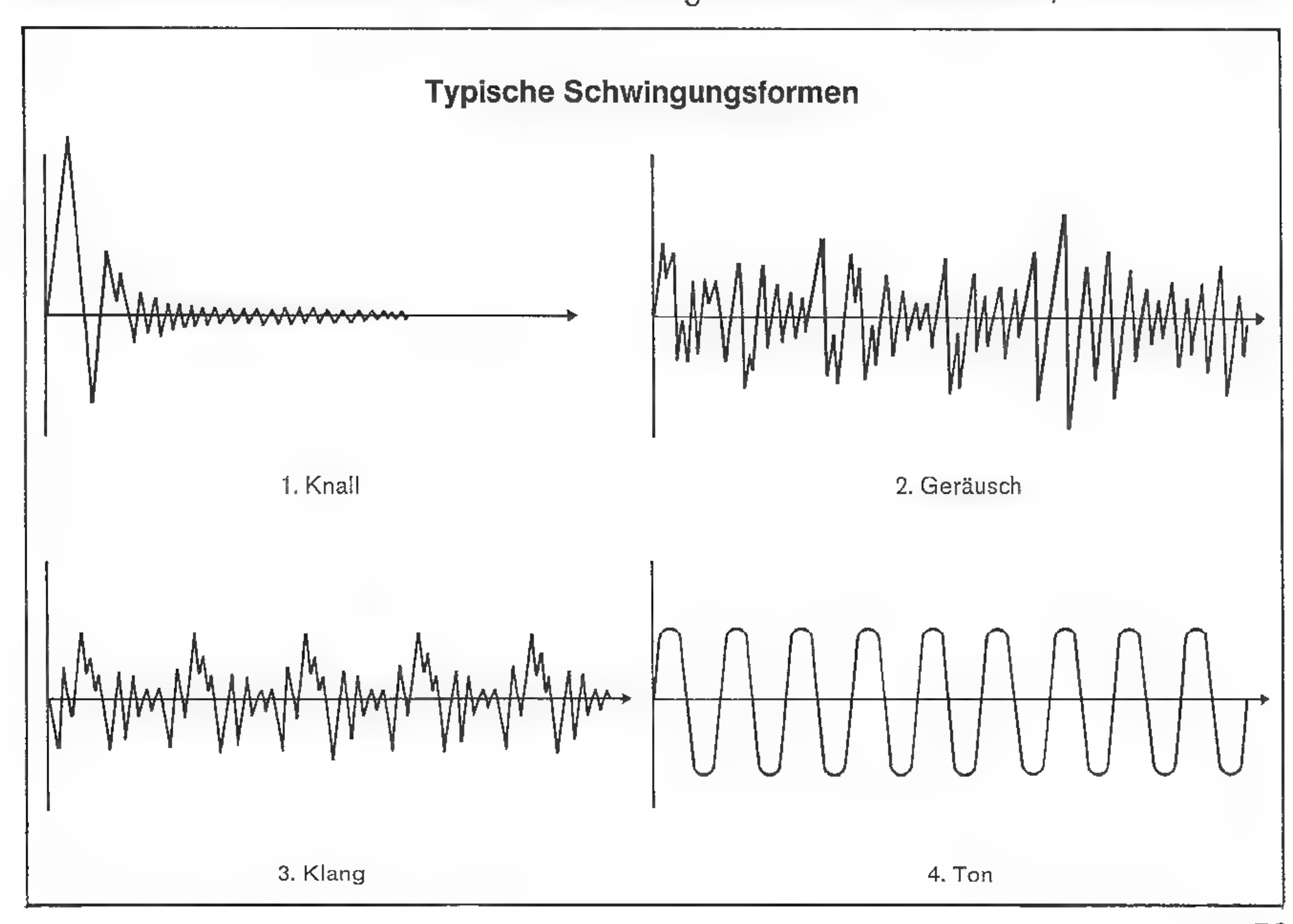
2. Enge Schwingung (= hohe Frequenz)
entspricht hohem Ton



1. Große Amplitude entspricht großer Lautstärke
2. Kleine Amplitude entspricht geringer Lautstärke

Solche Schwingungen können nun langsam oder schneller verlaufen, unabhängig davon, wie groß die jeweilige Amplitude ist. Die aufgezeichnete Sinuslinie erscheint dabei nur entsprechend enger oder weiter. Wir können die Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde zählen und erhalten damit ihre Frequenz. Die Einheit der Frequenz ist das Hertz und beträgt genau eine Schwingung in einer Sekunde.
Bei ständiger Bewegung durch Energiezufuhr von außen entsteht eine ungedämpfte Schwingung, die an ihrer gleichbleibenden Amplitude erkannt wird. Bei einmaliger Erregung — etwa einer Metallplatte durch einen Schlag oder eines Pendels durch einen Anstoß — wird die zugeführte Energie durch Reibung langsam aufgezehrt. Wir haben es in diesem Fall mit einer gedämpften Schwingung zu tun.
Bei einmaliger Erregung kann man auch feststellen, daß der Körper mit einer ganz bestimmten Frequenz schwingt, die im wesentlichen von der Größe des Körpers beziehungsweise von der Länge des Pendels bestimmt wird. Sie wird als die Eigen- oder Resonanzfrequenz des Körpers bezeichnet und spielt eine wichtige Rolle in der ganzen Akustik. Schwingungsfähige Systeme mit gleicher Eigenfrequenz stehen zueinander in Resonanz. Sie sind aufeinander abgestimmt und imstande, ihre Energie zu übertragen, wenn nur irgendeine materielle Verbindung — etwa in Form eines Gases — zwischen ihnen besteht. Alles, was wir als Schall mit unseren Ohren aufnehmen, besteht aus Schwingungen der hier erklärten Art. Sie verlaufen als eine Folge von Druckschwankungen, wobei der jeweils größten Schwingungsamplitude ein Maximum des Druckes entspricht. Ihre Wirkung beruht auf ständig wiederkehrenden kleinen Stößen, die jedes andere schwingungsfähige Gebilde zum Mitschwingen anregen. Derartige Schallschwingungen breiten sich vom Ort ihrer Entstehung wie eine Welle nach allen Richtungen mit einer Geschwindigkeit aus, die von der Beschaffenheit des Mediums abhängt, in dem sie sich aus-

breiten. In Luft von bestimmter Dichte beträgt sie 340 Meter in der Sekunde. In Flüssigkeiten oder festen Stoffen ist sie entsprechend höher.
Das Ohr erfaßt solche Schwingungen mit Hilfe einer großen Zahl schwingungsfähiger Gebilde, die jeweils auf eine bestimmte Resonanzfrequenz ansprechen und ihre Erregung als Nervenreiz dem Gehirn weitergeben, wo dann der Eindruck einer akustischen Sinneswahrnehmung entsteht.
Nur solche Schallschwingungen, die im Resonanzbereich der schwingungsfähigen Gebilde des Ohres liegen, können verarbeitet werden. Zu langsame oder zu rasche Schwingungen werden nicht mehr gehört. Die Grenzen der Aufnahmefähigkeit hängen vom Alter ab. Sie liegen beim Menschen etwa bei 16 und 20 000 Hertz. Vor allem die hohen Töne werden bei zunehmendem Alter weniger gut gehört.
Frequenz und Amplitude sind also wesentliche Kennzeichen des Schalles. Die Tonhöhe wird von der Schwingungszahl bestimmt, die Lautstärke verändert sich mit der Amplitude. Daß dabei aber noch eine ganze Menge anderer Faktoren mitwirken müssen, erleben wir alltäglich. Es ist ein gewaltiger Unterschied, ob wir den Knall einer Explosion, den Gesang eines Vogels oder den Ton einer Geige hören. Es gibt Schallereignisse, die wir als angenehm empfinden, und solche, die uns zuwider sind. Wir sind gewohnt, von Harmonien zu sprechen und von Disharmonien, ohne uns viel Gedanken über das Warum zu machen. Die Ursache liegt in zwei Umständen, die das Phä-



nomen des Schalles im wesentlichen bestimmen und auf die alles zurückzuführen ist, was wir als Musik bezeichnen.

Erstens kommt bei allen Schallereignissen, die uns erreichen, praktisch niemals eine einzige Schwingung allein vor. Immer ist es ein komplexes Gemisch verschiedener und meist ganz bestimmter Schwingungen. Zweitens herrscht unter den Schwingungszahlen ein klares mathematisches Gesetz, das sich in unseren Gehörsempfindungen widerspiegelt.

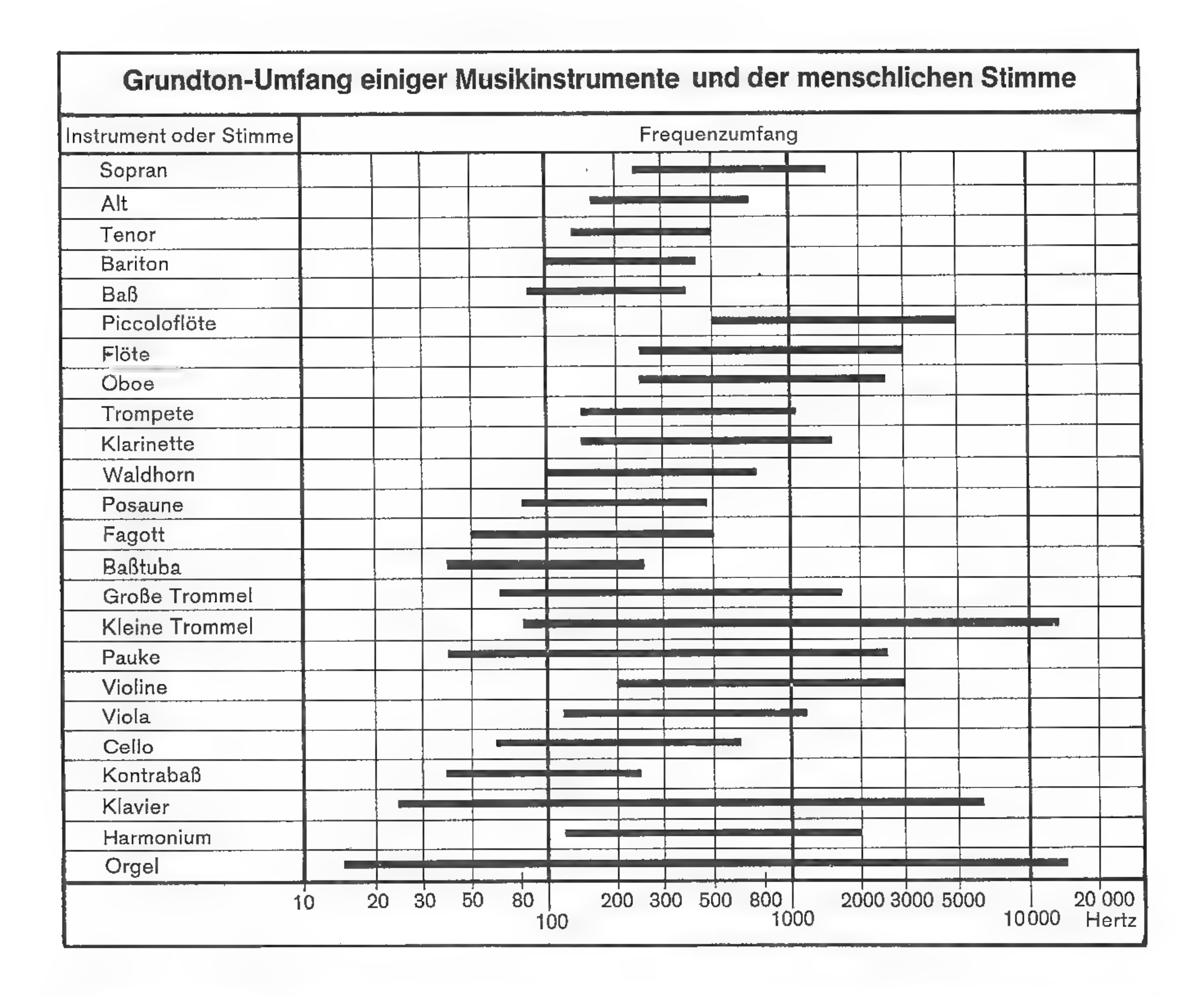
Ein Knall ist aus allen nur denkbaren Frequenzen zusammengesetzt. Was wir empfinden, ist der Energiestoß bei seiner Entstehung. Niemand würde bei einer derartigen Schallempfindung von einem Klang oder einem Ton sprechen.

Treten nur Schwingungen einer einzigen Frequenz auf, bezeichnet sie der Akustiker als eine reine Sinusschwingung oder einen Ton. Genau gesagt, wird in der Musik nur ein einziges Mal auf einen solchen Ton Bezug genommen. Er wird als *Kammerton a* bezeichnet und hat nach einer Vereinbarung genau die Frequenz von 440 Hertz. Es blieb den elektronischen Instrumenten und modernen Kompositionen vorbehalten, reine Sinustöne zu verwenden, die uns dann als fremdartig und unmusikalisch vorkommen. Wird der *Kammerton a* von irgendeinem Instrument erzeugt, empfinden wir ihn als musikalisch wie alle Töne eines Instrumentes. Der Akustiker bezeichnet sie auch genauer als Klänge.

Ein Klang entsteht, wenn mehrere Töne zusammenwirken. Dabei kommt es entscheidend auf das Verhältnis der Schwingungszahlen dieser Töne an, aus dem sich die Intervalle ableiten. Als Beispiel sei darauf hingewiesen, daß eine Verdoppelung oder Halbierung der Schwingungszahl das Intervall der Oktave, ein Verhältnis von 3:2 eine Quinte oder von 5:4 eine große Terz ergeben. Das Ohr erkennt derartige Stimmungen mit großer Genauigkeit und vermittelt daraus dem Bewußtsein den Eindruck von Harmonien oder Disharmonien.

Grundton, Obertöne und Klangfarben

Musikalische Töne oder Klänge entstehen bei schallerzeugenden Körpern — solche sind beispielsweise Saiten bei Streichinstrumenten oder Luftsäulen bei Blasinstrumenten — dadurch, daß diese Körper nicht nur einen Grundton, sondern zugleich auch eine ganze Reihe von Obertönen abgeben, deren Schwingungszahlen in ganzzahligen Verhältnissen zueinander stehen. Dabei können Unterschiede auftreten, weil bestimmte Obertöne fehlen oder die Intensitätsverhältnisse der Obertöne untereinander beziehungsweise zum Grundton variieren. Auf diese Weise kommen ganz verschiedene Klangein-



drücke zustande, die für jedes Instrument charakteristischen Klangfarben. Selbstverständlich kann man ein Instrument nach Belieben laut oder leise spielen. Damit läßt sich der Eindruck variieren — ein ganz wichtiges Ausdrucksmittel, dessen ganze Wirkung in der Spannweite vom Soloinstrument bis zum Orchestertutti zu ermessen ist. Der Akustiker bezeichnet solche Schwankungen als die Dynamik. Ihr möglicher Bereich macht ihm nicht weniger zu schaffen als jener der Frequenzen.

Ein weiterer Unterschied entsteht noch dadurch, daß ein bestimmter musikalischer Klang in seiner ganzen Zusammensetzung nicht plötzlich da ist und genauso abrupt wieder verschwindet. Er baut sich verhältnismäßig langsam auf und dann wieder ab, wobei Art und Intensität der Schwingungen, die ihn zusammensetzen, ständig wechseln. Derartige Ein- und Ausschwingvorgänge gehören neben der Klangfarbe zu den Eigenarten aller Instrumente, an denen wir sie erkennen können.

Musik ist der Umgang mit Klängen. Um dabei einen ästhetischen Genuß zu empfinden, bedarf es eines musikalischen Gehörs mit der Fähigkeit, ein-

zelne Töne voneinander zu unterscheiden, deren Abstand oder Intervall zu erfassen und Zusammenklänge zu erkennen. Ein musikalisches Gehör ist selten voll entwickelt vorhanden, es kann durch Gewöhnung und Ausbildung bedeutend weiter entwickelt werden. Noch seltener kommt es vor, daß ein Gehör fähig ist, die tatsächliche Tonhöhe zu erfassen. Ein Mensch, der einen verlangten Ton beim Singen sofort trifft, besitzt ein absolutes Gehör.

Bei der Behandlung akustischer Vorgänge kommen wir nicht um eine genauere Darstellung der Besonderheiten des Hörvorganges herum, die als physiologische Akustik zusammenzufassen sind.

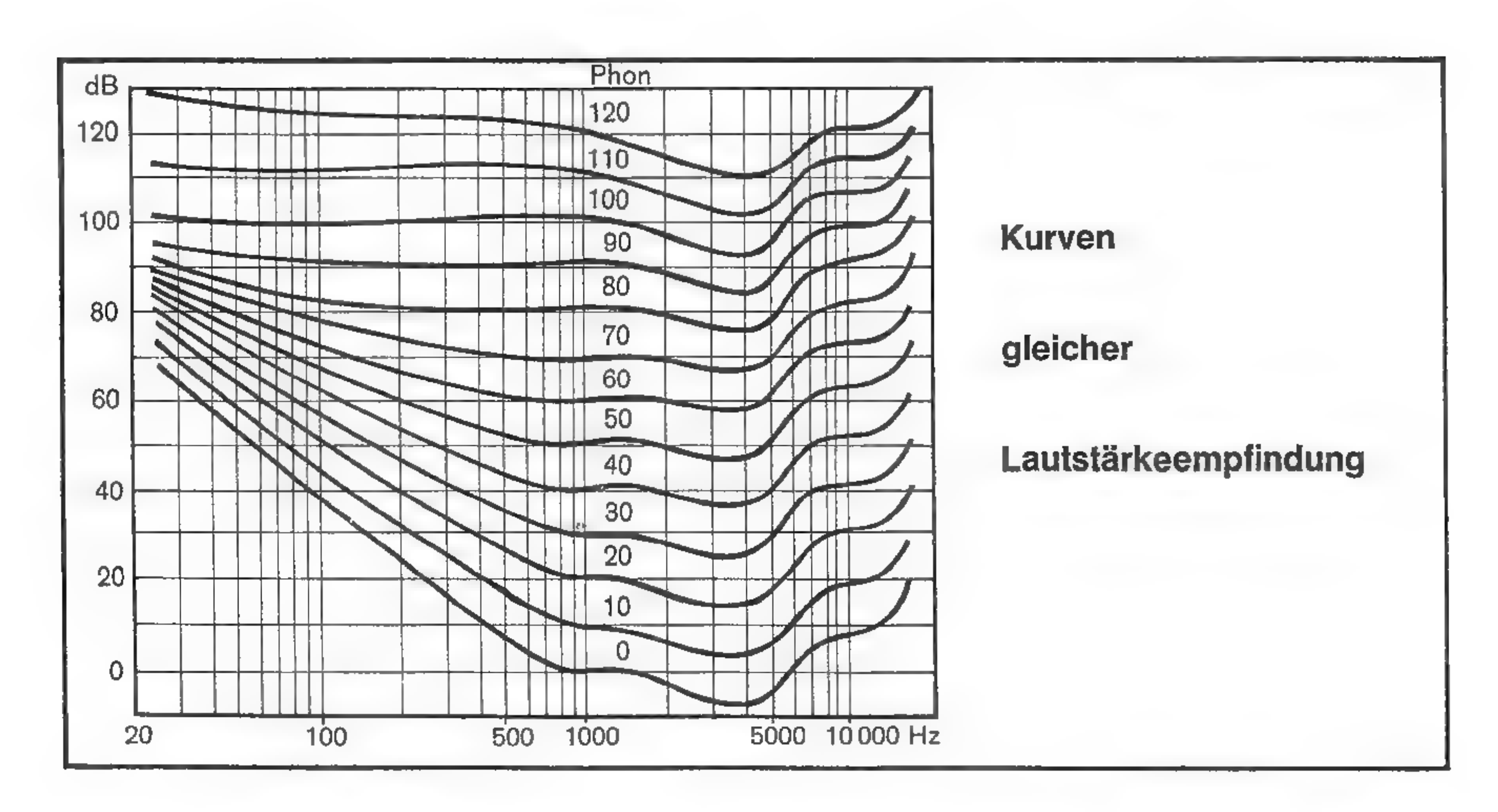
Ein voll funktionsfähiges Ohr kann Frequenzen von 16 bis fast 20 000 Hertz wahrnehmen. Innerhalb dieses Frequenzbereiches ist die Ohrempfindlichkeit ganz verschieden. Zwischen 1000 und 4000 Hertz werden noch Schalldrücke von $^{2}/_{10\,000}$ Mikrobar empfunden. Das ist der hundertste Teil der Lautstärke zerreißenden Papiers. Die Schmerzgrenze beim Hören wird aber erst bei einem Schalldruck erreicht, der um den Faktor 1 Million stärker ist.

Trägt man in einem Diagramm die zur gleichen Lautstärkeempfindung notwendige Schallstärke der verschiedenen Frequenzen auf, dann erhält man eine Kurve, die von den tiefen Frequenzen an zunehmend sinkt, um erst bei den hohen Frequenzen – etwa ab 4000 Hertz – wieder zu steigen. Je lauter aber der Schall ist, um so flacher wird die Kurve. Das bedeutet, daß bei hoher Lautstärke die Frequenzen nicht mehr in dem unterschiedlichen Maße gehört werden wie bei niederer. Fletcher und Munson haben diesen Zusammenhang in einer Kurvenschar dargestellt, aus der alles Notwendige über den physiologischen Hörvorgang entnommen werden kann.

Die Lautstärke wird also bei der Wahrnehmung nicht nur von der Amplitude, sondern auch von der Frequenz bestimmt. Verschiedene Frequenzen hören wir bei gleicher Amplitude verschieden laut. Tiefe Frequenzen werden nicht so laut empfunden wie hohe. Auch die Tonhöhen hängen von der Lautstärke ab. Ein hoher Ton kommt uns immer höher vor, je lauter er gespielt wird. Andererseits wird ein tiefer Ton um so tiefer gehört, je lauter er ist.

Schließlich ist die Wahrnehmung auch noch von der Dauer des Tones abhängig. Das Ohr stumpft mit der Zeit ab, es verringert seine Empfindlichkeit, so daß ein Ton, der mit der gleichen Lautstärke lang gespielt wird, mit der Zeit immer leiser erscheint. Umgekehrt wächst die Empfindlichkeit des Ohres, je leiser der Schall wird, der es trifft.

Der Lärm macht mit der Zeit taub, dagegen weiß jeder, daß eine tickende Uhr im Zimmer schließlich kaum mehr gehört wird. Man kann derartige Veränderungen durch einen Versuch beim Rundfunkhören nachprüfen. Gehen wir bei einer Darbietung mit der Lautstärke zurück, dann haben wir nach kurzer Zeit die Empfindung, alles sei wieder genauso laut wie zuvor. Um-



gekehrt empfinden wir eine hohe Lautstärke mit der Zeit immer weniger als störend. In ähnlicher Weise wird die Gehörsempfindung durch andere, gleichzeitig einwirkende Sinneseindrücke vermindert. Aus diesem Grunde stellen die meisten Zuschauer beim Fernsehen immer eine zu hohe Lautstärke ein – zu hoch für die nicht mitschauenden Nachbarn.

Von Edison zur High Fidelity

Im Laufe seiner Geschichte hat der Mensch eine außerordentlich große Zahl von Musikinstrumenten bauen gelernt. Sie beruhen alle auf der Erfahrung, wie Töne entstehen. Am Anfang standen deshalb Schlaginstrumente, zu denen erst später Blas- und zuletzt Saiteninstrumente kamen. In ihrer Gesamtheit aber haben sie gemeinsam, daß die Klänge unmittelbar mit ihnen erzeugt werden und daß ein Musiker zu ihrer Handhabung notwendig ist. Er spielt das Instrument, seiner Initiative entspricht dann auch die Modulation der Töne. Erst mit der Entwicklung der modernen Technik lernte man Musikmaschinen bauen, bei denen der Musiker überflüssig wurde. Selbstverständlich waren diese Maschinen nicht imstande, ein Musikstück frei zu produzieren. Sie konnten nur spielen, was ihnen ein eingebautes Programm vorschrieb – ein Gedächtnis, eine Walze mit Stiften oder eine Platte mit Löchern, die einen

Mechanismus steuerten. Derartige Programmgeber wurden rein mechanisch und nach einer sorgfältigen Berechnung hergestellt. Als Drehorgeln waren solche Maschinen überall beliebt. Jedermann konnte sie in Gang setzen, ohne vom Musizieren eine Ahnung zu haben. Als dann noch die Drehkurbel durch einen Motor ersetzt wurde, war ein vollautomatisches Musikgerät geschaffen, dessen Speicher eine große Zahl von Musikstücken enthielt. Die Eigenart dieser Konstruktion bedingte schon zu jener Zeit ein Prinzip, das bis heute gleichgeblieben ist: Der Ton wird immer auf die gleiche Weise erzeugt und nicht wie im Orchester durch eine große Zahl verschiedenartiger Instrumente. Das Klangbild der Drehorgel ist darum auch nur wenig differenziert. Deshalb sollte es uns eigentlich wie ein Wunder vorkommen, daß es heute gelingt, mit einem einzigen Gerät, dem Lautsprecher, jede Art von Instrumenten nahezu vollkommen nachzuahmen.

Um es hier vorwegzunehmen: Das wurde erst mit der Einführung analytischer Aufzeichnungsverfahren möglich, denen ein synthetisches Wiedergabeverfahren gegenübersteht. Unsere modernen Musikmaschinen produzieren keine Musik mehr, sie kopieren sie.

Eine genial einfache Methode dazu verdanken wir dem Allerweltserfinder Thomas A. Edison. Wie der französische Maler Daguerre 1837 auf die Idee kam, mit lichtempfindlichen chemischen Verbindungen die lichtdurchflutete Welt zu fotografieren, so entdeckte Edison 1877 einen Weg, mit Hilfe eines schalldruckempfindlichen Materials die Welt der Töne zu phonographieren. Seine Sprechwalze und später die Schallplatte Emil Berliners halten den zeitlichen Ablauf des akustischen Geschehens fest. Die Methode beruht auf einer möglichst genauen Schallaufzeichnung, sowohl hinsichtlich der Schwingungszahlen wie auch der Amplituden. Dazu verwandelt eine druckempfindliche Membran die Luftdruckschwankungen des Schalls in Bewegungen eines Schreibstichels. Läuft unter diesem eine Walze oder eine Platte mit weicher Oberfläche, entsteht darauf eine Linie: die Tonrille mit wellenförmigen Auslenkungen, deren Wellenfolge die Frequenzen registriert und deren Wellenausschlag die jeweiligen Schallintensitäten festhält. Wird dann umgekehrt die Rille mit ihrem Phonogramm bewegt, so kann sie einen Abtaststift führen, dessen Bewegung, auf eine Membran übertragen, wieder den ursprünglichen Schall erzeugen muß.

Seit dieser großartigen Erfindung ist man bestrebt, immer mehr zu verfeinern, ohne das Grundprinzip zu verändern. Was dabei erzielt werden muß, war von Anfang an den Technikern völlig klar. Es geht immer darum, sämtliche im Original vorhandenen Frequenzen im richtigen Verhältnis aufzuzeichnen, keine neuen hinzuzufügen und die Lautstärkevariationen der aufzunehmenden Musik ebenfalls unverändert festzuhalten und später genauso wieder-

zugeben. Die Verbesserung der Aufzeichnungs- und Wiedergabequalität ist ein selbstverständliches Bestreben, seit es die Schallplatte gibt. Es dauerte allerdings etwa 70 Jahre, bis entscheidende Fortschritte allgemein nutzbar gemacht werden konnten. Seitdem ist der in den USA geprägte Begriff der High-Fidelity-Wiedergabe populär geworden, wenn er auch schon 1935 zum erstenmal bei uns aufgetaucht war.

Die Kompliziertheit des Originals

Welche Anforderungen bei solcher Wiedergabe an die Technik zu stellen sind, soll eine kurze Betrachtung über Musikinstrumente und akustische Verhältnisse beim Musizieren erläutern.
Eines der kompliziertesten Instrumente ist zugleich das älteste: die menschliche Stimme. Wenn wir sagen, daß ihr Frequenzbereich bei Vokalen bis etwa 4000 und bei Konsonanten bis über 15000 Hertz reicht, so ist das nur eine sehr vereinfachte Darstellung. Auch mit den bereits erläuterten Begriffen von Grundtönen und ihren ganzzahligen Vielfachen, den Obertönen, wird das Bild noch nicht vollständig. Unsere Sprache enthält eine ganze Reihe von Frequenzen, die in keinem bestimmten Zahlenverhältnis zum Grundton stehen. Man nennt sie Formanten. Die Vokale besitzen davon schon eine ganze Reihe. Daran kann das Gehör den jeweiligen Laut erkennen. Noch mehr Formanten enthalten die Konsonanten, wobei, je nach der Art des Zischlautes, immer höhere Frequenzen beteiligt sind (bis 15000 Hertz beim scharfen S).
Einschwingzeiten von Konsonanten reichen bis hinunter zu $^4/_{1000}$ Sekunden. Das Ohr ist fähig, sie alle sehr genau zu unterscheiden. Für die Wiedergabe müssen wir aber zwischen der Verständlichkeit der Sprache und dem Erkennen einer bestimmten Stimme unterscheiden. Zum Telefonieren genügt es, den Inhalt der Information zu erfassen, wozu die Frequenzen bis etwa 3000 Hertz ausreichen. Die High-Fidelity-Wiedergabe verlangt viel mehr, nämlich die genaue Charakterisierung jeder einzelnen Stimme. Hier muß das vollständige Klangspektrum bis weit über 15000 Hertz enthalten sein.
Als Musikinstrument enthält die menschliche Stimme vom Baß über Bariton, Tenor, Alt, Mezzosopran und Sopran allein schon Grundtöne im Bereich von 74 bis 1056 Hertz. Zu diesen kommen ganz verschiedenartige harmonische Obertöne, die bei jeder Stimme anders zusammengesetzt sind. Besonders bei mehrstimmigen Darbietungen machen sich Ungenauigkeiten der Wiedergabe in weit höherem Maße bemerkbar, als eine eventuell falsche Intonation im Original erkennen läßt.
Musikinstrumente sind in der Wiedergabe kaum weniger empfindlich. Eine Geige, deren Frequenzen oberhalb 2000 Hertz angeschnitten sind, klingt wie

eine Flöte. Fügt die Übertragungsanlage aber zu den wenigen niederen Obertönen der Flöte noch weitere ganzzahlige Vielfache des Grundtones hinzu, so klingt sie nicht mehr weich und warm, sondern unangenehm rauh und scharf wie die Laute einer Krähe. Obertöne höherer Ordnung — etwa vom Siebenfachen des Grundtones an — werden nicht mehr als harmonisch empfunden.
Ungemein vielfältig zusammengesetzt ist der Ton von Blechinstrumenten, da zu den von ihnen erzeugten Schwingungen einer Luftsäule noch davon unabhängige Eigenschwingungen der Blechwandungen entstehen. Dadurch erhalten zum Beispiel die Baßtuben ihren eigenartigen Klang.
Einschwingzeiten von Musikinstrumenten reichen von 14 Millisekunden bei der Trommel bis zu 300 Millisekunden bei der Flöte. All dies beweist ein äußerst differenziertes Klangbild, das schließlich beim Zusammenklang ganzer Orchester fast unentwirrbar erscheinen muß.
Allein schon von der Aufnahme her gesehen, muß der scharfen Linse des Fotografen und der für alle Lichtwertabstufungen empfindlichen Schicht des Filmmaterials eine Apparatur entsprechen, die keine Nuance überhört und jede einzelne mit ihrem richtigen Wert festhält. Der Akustiker kann aber leider nicht so einfach und ungestört aufnehmen wie der Fotograf.

Der Raum bestimmt den Schall

Der Schall ist ein unruhiger Geselle. Produziert man ihn in einem Raum, so läuft er darin rastlos hin und her. An Wänden, Boden und Decke, an jedem Gegenstand wird er reflektiert oder aufgesaugt, leider meist nur zum Teil, so daß eine veränderte Frequenzzusammensetzung übrigbleibt.
Was mit dem Schall geschieht, hängt von vielen Faktoren ab: von der Größe des Raumes, seiner Gestalt, der Beschaffenheit seiner Begrenzungsflächen — die schallhart oder schallschluckend sein können — und von der Raumausstattung. Dazu gehören auch die Menschen, die sich in dem Raum aufhalten. Wenn man deshalb von einer Raumakustik spricht, so kennzeichnet man damit die besondere Art der Zusammenwirkung von Schallquelle und Raum für das Zustandekommen eines Klangeindrucks beim Hörer.
Wesentliches Kennzeichen dieser Raumakustik ist erstens die Frequenzcharakteristik des Raumes — also die Art der Bevorzugung oder Vernachlässigung bestimmter Frequenzen — und zweitens sein Nachhall. Dieser wird durch Reflexionen bestimmt, als deren Folge die Schallsignale direkt und indirekt zum Hörer gelangen. Die dabei auftretenden Wegunterschiede bedingen mehrfache, zeitlich verschobene Schalleindrücke, die als Nachhall bezeichnet und als Nachhallzeit gemessen werden.



In Konzertsälen rückt man dem Schall und Nachhall mit schallschluckenden Wänden und Resonatoren zuleibe. Die Akustik wird ausgemessen und korrigiert.

Für die Nachhallzeit ergeben sich für jeden Raum ganz bestimmte Werte, bei denen Verständlichkeit der Sprache und vorteilhafteste Wirkung von Musik gegeben sind. Der günstigste Wert liegt für die Sprache bei einer Nachhallzeit von etwa 0,75 Sekunden, für Musik liegt er etwa beim gleichen Wert, doch gibt es hier gewisse Unterschiede in der Auffassung. Ein Raum ohne Nachhall, wie er zum Beispiel als schalltoter Raum für Messungen benutzt wird, macht die Musik matt und leblos. Mit zunehmendem Nachhall wirkt sie lebendiger und frischer. Darüber hinaus wird der Klang hallig und unnatürlich. Bei langen Nachhallzeiten wird der Effekt zum Echo. Die größten Nachhallzeiten bei großen Konzertsälen reichen bis 2,5 Sekunden. In Wohnräumen liegen sie durchschnittlich bei 0,5 Sekunden.

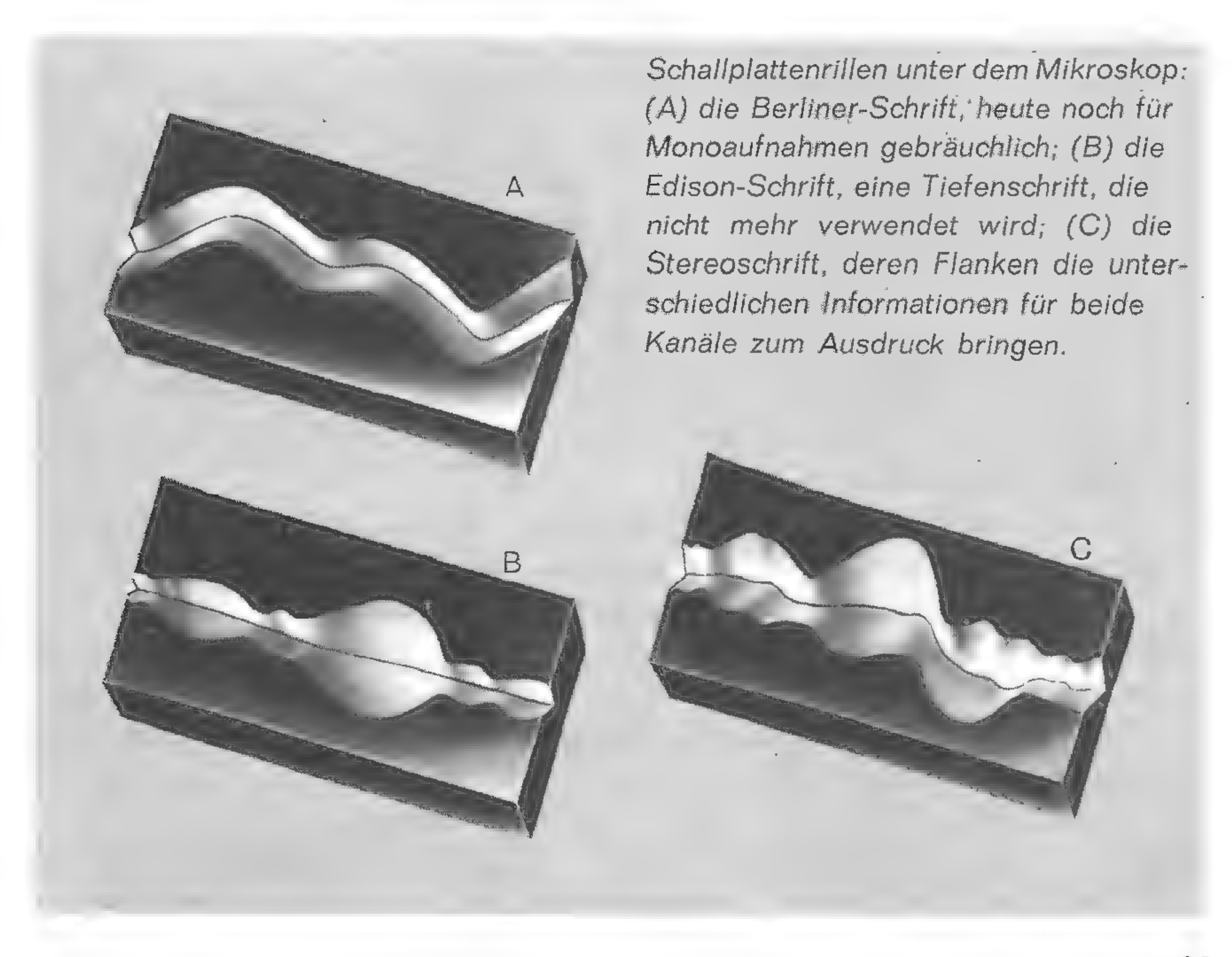
Es ist leicht einzusehen, daß in jedem Raum für den Hörer bevorzugte Orte gefunden werden können. Entsprechend müssen auch die Tontechniker die richtige Aufstellung ihrer Mikrofone bei der Vorbereitung einer Aufnahme sorgfältig beachten.

Die Raumakustik ist nicht nur für den Konzertbesucher und den Aufnahmetechniker von Bedeutung. Sie ist auch zu Hause für die Anordnung der Lautsprecher wichtig.

Musik aus der Rille

Die Reproduktion von Musik mit Hilfe technischer Mittel stand von Anfang an vor außergewöhnlichen Anforderungen. Es galt auf der einen Seite, eine vollwertige Aufzeichnung zu erreichen, und auf der anderen Seite, aus dieser Konserve wieder eine möglichst naturgetreue Musik zu erhalten.
Der erste Teil der Lösung dieser technischen Probleme betrifft die Herstellung der Ur-Schallplatte, von der aus durch Kopieren und Pressen die Tausende von Schallplatten gewonnen werden müssen, die dann die Musikliebhaber kaufen und mit nach Hause nehmen. Begreiflicherweise kann an dieser Stelle jedem nur denkbaren technischen Aufwand das Wort geredet werden. Er wirkt sich am Preis des Endprodukts nur in Bruchteilen aus, bestimmt aber ausschlaggebend seine Qualität.
So ist die moderne Schallplattenherstellung das Zusammenwirken komplizierter technischer Verfahren ganz unterschiedlicher Art. Was der Aufnahmetechniker von seinen Mikrofonen erhält, wird zunächst auf Tonband festgehalten. Dabei gewinnt er durch Wiederholung einzelner Teile, Schneiden und Wiederzusammenfügen — man nennt es Cuttern — die bestmögliche Fassung der Musik. Erst wenn diese Archivaufnahme voll befriedigt, wird ihre Aufzeichnung zur Herstellung der Original- oder Ur-Schallplatte verwendet. Sie besteht aus einer Metallplatte, die mit einer Lackfolie überzogen ist. In diese Folie wird die Schallrille mit Hilfe von Präzisionsmaschinen eingeschnitten. Als Schneidstichel dient ein auf die Dimensionen der Rille geschliffener Saphir oder Diamant, den ein Schneidkopf entsprechend den Frequenzen der aufgenommenen Musik elektromagnetisch bewegt. Als Steuerströme dienen die von einem Tonbandgerät gelieferten Signale, und zwar nach genau bestimmter Verstärkung und Beeinflussung ihrer Frequenzanteile. Als absichtliche Verzerrung ergeben sie eine genau definierte Schneidkennlinie, auf die wir später noch zurückkommen werden.
Um einen einwandfreien Schnitt der Rille und vor allem vollkommen glatte Rillenflanken zu erhalten, wird der Schneidstichel geheizt. Die Führung des Schneidkopfes entlang dem Radius der sich drehenden Folienplatte ergibt die bekannte Spiralform der Rille auf der Schallplatte.
Die frisch geschnittene Lackfolie kann nun sogleich zur Kontrolle abgehört werden. Sie wird anschließend durch Graphitieren leitfähig gemacht, galvanisch zuerst versilbert, dann verkupfert, bis man eine genügend kräftige

Metallplatte abnehmen kann, die als Vater die Aufzeichnung negativ enthält. Vom Vater wird — ebenfalls auf galvanischem Wege — eine Mutter gewonnen, die wiederum galvanisch zur Herstellung beliebig vieler Söhne dient. Von den Söhnen erst werden die eigentlichen Schallplatten gepreßt. Dazu befestigt man zwei verschiedene Söhne als Matrizen im Ober- und Unterteil einer geheizten Presse, die dann unter Druck aus einem vorgeformten Kunststoffkuchen die Schallplatte prägt. Die genaue Einhaltung von Druck, Temperatur und Preßzeit sorgt für ein einwandfreies Erzeugnis, das nach einer mechanischen Nachbehandlung des Randes zur letzten Prüfung vor dem Verkauf gelangt. Kleinere Platten werden fast ausschließlich im Druckspritzverfahren aus einem anderen Kunststoff hergestellt.
Im Prinzip gleicht die Schallplattenrille dem Bild der Sinuslinie, das wir bei der graphischen Darstellung einer Schallschwingung erhalten. Wie eine Schlange windet sie sich um eine gedachte Mittellinie gleichmäßig nach links und rechts, wobei zwei aufeinanderfolgende Bogenhälften genau eine Schwingung ergeben. Wird die Schallplatte gedreht, so läuft unter der Abtastspitze eine ganz bestimmte Anzahl von Schlangenwindungen je Sekunde



Schallplattenrillen unter dem Mikroskop: (A) die Berliner-Schrift, heute noch für Monoaufnahmen gebräuchlich; (B) die Edison-Schrift, eine Tiefenschrift, die nicht mehr verwendet wird; (C) die Stereoschrift, deren Flanken die unterschiedlichen Informationen für beide Kanäle zum Ausdruck bringen.

durch. Diese Zahl entspricht der Frequenz in Hertz. Bei tiefen Tönen kommen auf eine bestimmte Rillenlänge nur wenige Windungen, bei hohen Tönen entsprechend mehr. Bei leisen Stellen sind die Auslenkungen der Schlangenlinie klein, sie wachsen mit zunehmender Lautstärke an.
Betrachtet man eine Schallplattenrille unter dem Mikroskop, so kann man leicht aus der Kurvenform eine Folge von Tönen und ihre Dynamik ablesen. Bei genauerer Untersuchung läßt sich aber erkennen, daß das Bild doch etwas komplizierter ist: Die Schallplattenrille enthält neben den Grundtönen auch alle Obertöne bis hinauf zu etwa 18 000 Hertz. Darüber hinaus zeichnet sie noch alle anderen, gleichzeitig gespielten Instrumente auf. Es ist geradezu ein Wunder, daß es gelingt, alle Feinheiten der Instrumente, ihr vielfältiges Zusammenspiel und den weiten Bereich vom zartesten Piano bis zum rauschenden Forte in den Auslenkungen einer einzigen Spur festzuhalten.
Eine Reihe von Maßnahmen ist notwendig, um beim Schneiden eine möglichst vollkommene Rille zu erhalten. Schon beim Abspielen des Archivtonbandes zur Aussteuerung des Schneidkopfes nehmen die Techniker eine Frequenzgangveränderung vor. Dabei werden die Amplituden (Lautstärken) der tiefen Töne vermindert und dadurch wiederum die Auslenkungen der Rille verkleinert. Zugleich erfahren die Amplituden der hohen Töne und damit auch die zugehörigen Rillenauslenkungen eine Vergrößerung. Die Folge ist gewissermaßen ein gleichmäßigerer Verlauf der Auslenkungen, genauer gesagt: eine einheitliche Geschwindigkeit bei der seitlichen Bewegung des Schneidstichels, die der Techniker als Schnelle bezeichnet, gleichgültig, ob es sich um hohe oder um tiefe Frequenzen handelt.
Die auf diese Weise erzielte Schneidkennlinie ist heute für alle Hersteller genormt. Ihr Vorteil liegt darin, daß man bei der Wiedergabe zunächst einmal mehr Höhenanteile erhält. Senkt man sie dann durch eine Entzerrung auf das richtige Maß herab, verschwindet zugleich das vor allem im Bereich der hohen Frequenzen liegende Abtastrauschen der Schallplatte; die Wiedergabe erfolgt also rauschfreier.
Eine andere Manipulation dient der besseren Ausnutzung der Schallplattenoberfläche. Laute Partien der Musik nehmen infolge der weiten Auslenkungen viel Platz weg, leise bedeutend weniger. Durch eine Vorausabtastung des Tonbandes mit der Archivaufnahme werden die lauten und leisen Stellen so frühzeitig erkannt, daß man mit Hilfe ihres Pegels automatisch die Steigung der Rillenspirale dem Platzbedarf anpassen kann. Dabei bleibt zwischen den weitesten Auslenkungen benachbarter Rillen immer noch so viel Material stehen, daß die empfindliche Rillenflanke nicht einbricht.
Schließlich gibt es noch Methoden der Schneidkennlinienvariation, um dynamische Steigerungen und ähnliche Effekte unterzubringen. Auch können

Verzerrungen mit komplizierten elektronischen Geräten vorher erkannt und durch genau passende Gegenverzerrungen vermieden werden.
Die Schallplatte als Grundlage jeder Musikwiedergabe zu Hause ist im Laufe ihrer Entwicklung immer wieder sprunghaft verbessert worden. Schon die bald nach dem Zweiten Weltkrieg aufkommende Schellackplatte mit verlängerter Spieldauer war früheren Erzeugnissen bedeutend überlegen. Aber sie wurde schon 1948 von der Langspielplatte aus unzerbrechlichem Kunststoff mit Mikrorillenaufzeichnung weit in den Schatten gestellt.
Trotz aller Verbesserungen blieben jedoch die Abspielgeräte hinter den Möglichkeiten der Schallplatte zurück. Daran waren sowohl Gewohnheiten wie auch Preisvorstellungen schuld. Um die in der Schallplatte enthaltene Qualität tatsächlich auch auszunutzen, bedurfte es der Bereitschaft der Verbraucher, sich nicht nur ernsthaft mit der Musikwiedergabe als Liebhaberei zu beschäftigen, sondern auch dafür entsprechende Mittel einzusetzen. Erst unter solchen Voraussetzungen konnten Geräte auf den Markt gebracht werden, die mit den technischen Möglichkeiten der Zeit Schritt halten.
Die Verhältnisse in den USA begünstigten eine solche Entwicklung. Dort waren nicht nur die wirtschaftlichen Voraussetzungen gegeben, sondern die Liebe zur Musik, vor allem zur klassischen, fand ihre Ergänzung auch in einer Leidenschaft für die Technik. Das Ergebnis war ein rasch wachsendes Angebot von Wiedergabegeräten, die systematisch jedes einzelne Glied der Wiedergabekette – vom Tonabnehmer über den Plattenspieler und Verstärker bis zu den Lautsprechern – verbesserten.

Die HiFi-Story

Die HiFi-Story ist ein getreues Abbild der geradezu abenteuerlichen Entwicklung des technischen Fortschritts, dessen Zeuge wir sind, an dem wir uns einerseits begeistern und unter dessen fortgesetzter Entwertung des gestern Erreichten wir andererseits zu leiden haben.
War man 1935 noch zufrieden mit einer Wiedergabe der Frequenzen von 40 bis 10000 Hertz bei einem Anteil von etwa fünf Prozent klirrender, innerhalb der Anlage erzeugter Störschwingungen, so erwartet man heute von einer als High Fidelity bezeichneten Wiedergabe einen gleichmäßig übertragenen Frequenzbereich von mindestens 20 bis 20000 Hertz bei weniger als einem Zehntel der früheren Verzerrungen.
Die vollkommene Naturtreue ist also ein wandelbarer Begriff. Die Erfüllung

dieser Forderung wird mit jedem Grad der Annäherung an das Absolute immer schwieriger und deshalb auch teurer. Selbstverständlich wird es auch immer problematischer, den Wert des Fortschritts zu erkennen. Werden Verzerrungen von 5 auf 0,5 Prozent reduziert, kann auch der Laie mit etwas Aufmerksamkeit die dadurch erreichte Qualitätsverbesserung erkennen. Die nochmalige Verminderung um den Faktor 10 – es enthüllt sich hier das Gesetz der logarithmischen Skala, das die ganze Akustik beherrscht – auf 0,05 Prozent kann auch der Fachmann nur noch messen, und gerade dieser weitere Schritt kostet bedeutend mehr als der erste.
Die wirtschaftliche Vernunft, die sich ja auch an den finanziellen Fähigkeiten einer breiteren Käuferschicht zu orientieren hat, gebietet also, eine Grenze zu erkennen, wie weit die High Fidelity unerläßlich ist und wo sie zum Luxus wird. Wobei wir das Streben nach Luxus als durchaus legitim für jene ansehen, die Freude daran haben, noch mehr Geld auszugeben. Zudem fördert das Streben nach letzter Vollkommenheit auch die gesamte technische Entwicklung, so daß jeder Käufer letzten Endes tatsächlich immer mehr für sein Geld bekommt.
Da nach den Gewohnheiten der Werbung Qualitätsbehauptungen immer gern aufgestellt, Qualitätsansprüche aber nur ungern erfüllt werden — weshalb sich auch das schlechteste Gerät selbstverständlich mit dem Prädikat High Fidelity schmückte —, mußte schon um der Marktehrlichkeit willen eine untere Grenze der Naturtreue gefunden werden. Weil aber nicht jeder Ohren hat zu hören und selbst Fachleute dieses Sinnesorgan schulen müssen, damit es verläßlich funktioniert, war es notwendig, für die Qualität objektiv meßbare Größen zu finden. Sie existieren prinzipiell schon lange und erscheinen als Datenangaben in den Firmenprospekten. Deshalb ist es unerläßlich, die wichtigsten davon kennenzulernen. Die meisten allerdings sollen jeweils bei der Besprechung der Geräte behandelt werden, zu denen sie gehören. Hier seien nur die erfaßt, die die gesamte Anlage betreffen; nicht zuletzt deshalb, weil jeder Teil der Anlage für sie mitverantwortlich ist. Daten fördern auch das Verständnis für das Wesen der High Fidelity.
Das Ziel jeder HiFi-Anlage ist die Wiedergabe des gesamten hörbaren Frequenzbereiches von mindestens 16 bis 16 000 Hertz. Um Musikinstrumente in ihrer wirklichen Klangfarbe wiederzugeben, sind oft noch etliche extreme Obertöne wichtig, die für sich allein kaum vom Ohr registriert werden. Deshalb muß der Übertragungsbereich nach oben hin noch weiter reichen. Entscheidend ist allerdings die Fähigkeit der Anlage, den ganzen Frequenzbereich gleichmäßig wiederzugeben; denn es hat wenig Sinn, wenn die unteren und oberen Frequenzen zwar noch erkennbar da sind, aber nur noch mit wesentlich verringerter Lautstärke durchkommen. Zur Angabe des





HiFi-Amateure waren die Wegbereiter der neuen Wiedergabetechnik. Diese Fotos entstanden in dem Heim eines Mannes (links oben), der zu den HiFi-Pionieren gehört. Seine Tonbanddiskothek (rechts oben) umfaßt bedeutende Werke der Musikliteratur. Das Bild unten zeigt die Steuerzentrale der Anlage.

Frequenzbereichs gehört also auch noch die Angabe des Pegels der einzelnen Frequenzen in Relation zu einer Bezugsfrequenz, die vorteilhaft bei 1000 Hertz anzusetzen ist. Pegelunterschiede werden in Dezibel, einem Verhältnismaß, gemessen, wobei wir uns merken wollen, daß erst eine Veränderung um 3 dB vom Ohr deutlich erkannt wird. Die Kurve, die den Pegel aller Frequenzen zeigt, heißt Frequenzgang. Verläuft er geradlinig, ist der Beweis erbracht, daß das betreffende Gerät keine Frequenzen bevorzugt und keine benachteiligt. Es greift also nicht verändernd in das Gefüge der ihm beispielsweise von der Schallplatte angebotenen Frequenzen ein — es verzerrt sie nicht.
Bestimmend für die Wiedergabe muß der Frequenzverlauf des Originals sein. Jede Abweichung davon stellt eine Verzerrung dar. Dabei unterscheidet man aber unter linearen und nichtlinearen Verzerrungen.
Linear sind Verzerrungen, wenn bestimmte Frequenzbereiche übertrieben laut oder leiser oder überhaupt nicht wiedergegeben werden. Sie verändern zwar das Klangbild, tun aber dem musikalischen Empfinden nicht weh.
Nichtlineare Verzerrungen werden durch neue, im Original nicht enthaltene Frequenzen verursacht. Jedes schwingende System erzeugt solche Frequenzen auf verschiedenerlei Weise. Ein großer Teil von ihnen besteht aus harmonischen Obertönen, also ganzzahligen Vielfachen der Grundtöne. Die Harmonischen niederer Ordnung verändern nur das Klangbild, die höherer Ordnung jedoch wirken schrill und unangenehm. Das Ausmaß solcher Verzerrungen wird als Klirrgrad in Prozenten angegeben.
Einen Teil der Verzerrungen bezeichnet man als Intermodulationsverzerrungen. Sie entstehen als Kombinationstöne durch Summen- und Differenzbildung zwischen jeweils zwei verschiedenen Frequenzen. Beim Zusammentreffen von beispielsweise 250 und 8000 Hertz entstehen neue Frequenzen von 8250 und 7750 Hertz, die einen Mißklang darstellen. Um die Neigung zu Intermodulationsverzerrungen zu kennzeichnen, wählt man also ein solches Frequenzpaar und gibt dessen Pegelverhältnis an — etwa 4 : 1 — und die Prozentzahl der erzeugten Verzerrungen. Bei Verstärkern bezieht man diese Zahl dann noch auf eine bestimmte Leistungsausnutzung.
Der übertragene Frequenzbereich bestimmt die Hörbarkeit der klirrenden Verzerrungen. Werden nur Frequenzen bis 4000 Hertz übertragen, wird ein Klirrgrad erst bei 1,4 Prozent hörbar, während bis 15 000 Hertz bereits 0,8 Prozent auffallen.
Intermodulationsverzerrungen machen sich besonders bei Soloinstrumenten bemerkbar. Geigen, Flöten und Klavier klingen bereits bei 0,8 Prozent unrein, rauh oder hart. Viele Hörer sind aber noch nicht einmal imstande, 2 bis 3 Prozent dieser Verzerrungen als störend zu empfinden.

Alle Schaltungselemente, Röhren, Transistoren, Widerstände erzeugen aus physikalischen Gründen ein störendes Rauschen. Ebenso kann die in allen Geräten verwendete Netzfrequenz von 50 Hertz als sogenannter Brumm hörbar werden. Da in den Geräten mit erheblichen, millionenfachen Verstärkungen gearbeitet wird, können solche Fremdspannungen recht unangenehm und störend wirken. Der Pegelabstand zwischen diesen Störungen und dem Nutzsignal wird als Fremdspannungsabstand angegeben.
Der Unterschied zwischen den lautesten und leisesten Stellen einer Orchestermusik — ihre Dynamik — kann im Original bis 70 Dezibel erreichen. Das ist mehr als ein 3000faches Spannungs- oder 10 000 000faches Leistungsverhältnis. Derartige Unterschiede lassen sich elektroakustisch nicht übertragen. Der Rundfunk beschränkt sich nach einem Übereinkommen auf eine Dynamik von 40 dB, was einem 100fachen Spannungs- beziehungsweise 10 000fachen Leistungsverhältnis entspricht. Auf diese Weise wird also die Originaldynamik zusammengedrückt. Die Dynamik der HiFi-Anlage gehört ebenfalls zu deren Kenndaten. Bei Schallplatten mit Mikrorillen wird eine Dynamik von etwa 55 dB verwirklicht. Das bedeutet übrigens eine Variation der Rillenauslenkungen zwischen Pianissimo und Fortissimo von 1 : 560.

HiFi-Normen bestimmen die Qualität

Da alle diese Größen meßbar sind und daher eine objektive Bestimmung der Qualität von High-Fidelity-Geräten erlauben, ist der nächste Schritt logisch: Man muß Mindestforderungen erheben, deren Unterschreitung die Qualitätsbezeichnung HiFi ausschließt. Damit kann man Normen festlegen, die für jeden Gerätehersteller verbindlich sind. Damit der Käufer auch einen Vorteil von solchen Normen hat, muß er wenigstens ihren Wert kennen, das heißt, er muß wissen, ob sie im Sinne unseres vorhin skizzierten Kompromisses zwischen wirtschaftlicher Vernunft und vom Gehör auswertbarer Qualität festgelegt wurden.
Tatsächlich muß anerkannt werden, daß die HiFi-Normen DIN 45 500 genau diesen Erwartungen entsprechen. Sie entstanden aus der Einsicht in die Notwendigkeit qualitativ hochwertiger Wiedergabe, wie sie die heutige Technik zu fordern erlaubt, und aus nüchternen Erwägungen des vertretbaren Aufwandes. Ihre Einhaltung gestattet, zu erträglichen Preisen schon mehr zu bieten, als ein musikalisch wenig geschulter Käufer fordert.
Bezieht sich der Hersteller auf die Einhaltung dieser Normen, dann bedeutet die Bezeichnung High-Fidelity-Qualität eine verläßliche Garantie. Dem Konstrukteur ist es ohne übermäßige Anstrengungen möglich, die Normen einzuhalten. Bis jetzt sind sie vielfach sogar überboten worden.

Das Wunder der Stereofonie

Die Stereofonie ist ein entscheidender Schritt auf dem Wege, Musik so zu übertragen, wie sie in der Originaldarbietung des Konzertsaales wirkt. Heute muß es uns fast als ein stillschweigendes Übereinkommen erscheinen, daß man bis vor kurzem unter hoher Naturtreue nur die störungs- und verzerrungsfreie Wiedergabe aller vorkommenden Frequenzen und eine annähernd gleichwertige Dynamik verstanden wissen wollte. Wir hatten uns daran gewöhnt, das Erreichte bereits großartig zu finden, und viele Musikkenner erlagen der Illusion, zu hören, was sie hören wollten. Die Phantasie füllt die Kluft zwischen Original und Kopie so leicht aus. Sie schafft sich eine ganze Welt zu nur oberflächlichen Andeutungen hinzu — ein wesentliches Element der Kunst. Doch die Technik ist nun einmal auf dem Wege, die Phantasie durch eine Realität zu ersetzen, die Kopie immer vollkommener zu machen — ein Prozeß, der sich nicht aufhalten läßt und dem am Ende auch der Künstler seine Zustimmung nicht versagt.

Selbstverständlich waren dem Akustiker alle Mängel der bisherigen Musikwiedergabe wohlbekannt. Es hat auch nicht an Demonstrationen gefehlt, sie aufzuzeigen und zu überwinden. Die allgemeine Erörterung der Möglichkeiten stereofoner Musikwiedergabe war jedoch an das Ausreifen dieser Technik gebunden.

Vor Einführung der Stereofonie saß der Hörer — bildlich gesprochen — vor der fast geschlossenen Tür eines Konzertsaales und vernahm die Musik durch einen schmalen Spalt. Die moderne Technik hat ihn mit einem Schlage mitten in den Saal hineinversetzt; wenn er will, sogar auf den besten Platz. Was zur Entfaltung aller Klänge unbedingt notwendig ist und mit ihnen zusammen erst die volle Wirkung — das Erlebnis des Raumes — erreicht, ist das eigentliche Wesen der Stereofonie, das akustische Erlebnis, wie es sich präziser definieren läßt.

Ohne uns viel Gedanken darüber zu machen, nehmen wir als selbstverständlich an, daß der Mensch ein räumlich orientiertes Lebewesen ist. Seine Bewegungen verlaufen nicht nur in einer Ebene wie die Linie eines Zeichenstiftes, sondern dreidimensional. Sein optisches Erfassen der Umwelt ist nicht nur eine graphische Registrierung des Nebeneinanders aller Dinge, es erkennt auch deren Verteilung in der Tiefe des Raumes. Um dies zu erreichen, bedient sich die Natur eines ganz einfachen Tricks: Sie gab dem

Menschen zwei Lichtempfänger — die Augen, die von verschiedenen Orten aus nach den Dingen peilen. Dadurch entstehen zwei unterschiedliche Bilder, die wir deutlich als verschieden erkennen, wenn wir rasch wechselnd je ein Auge schließen und öffnen und dabei die gegenseitige Verschiebung naher und entfernter Gegenstände beobachten. Die Verarbeitung der beiden verschiedenen Sinneseindrücke im Gehirn ergibt erst den Eindruck des Raumes: Wir sehen die Dinge bis zu einer gewissen Entfernung plastisch. Wäre der Abstand der beiden Augen voneinander größer — es handelt sich hier um eine Meßbasis —, so würde sich der Bereich des plastischen Eindruckes noch weiter in die Ferne erstrecken.
Auf genau die gleiche Weise kommt auch die akustische Orientierung im Raume zustande. Unsere Ohren stellen zwei Schallempfänger dar, die von verschiedenen Orten aus gewissermaßen den Raum ausloten. Mit nur einem Ohr könnten wir kaum die Richtung erkennen, aus der der Schall kommt, noch weniger aus seiner Lautstärke auf die Entfernung der Schallquelle schließen. Der Schall wäre für uns ein ungeordnetes, diffus im Raum verteiltes Ereignis wie etwa das Licht unter einer Glocke aus Milchglas.

Die Elemente des räumlichen Hörens

Eine genaue Überlegung läßt uns nun einige prinzipiell unterschiedliche Bedingungen für die Schallempfindung jedes Ohres erkennen. Zunächst einmal kann der Schall mit verschiedener Lautstärke ankommen, je nachdem, auf welcher Seite des Kopfes sich die Schallquelle befindet.
Da fast immer die Entfernung der Schallquelle zum rechten und zum linken Ohr unterschiedlich ist, benötigt der Schall auch verschiedene Zeiten, um diese Distanzen zu überbrücken. Die unterschiedlichen 'Laufzeiten' lassen sich auch als Phasenunterschiede bezeichnen. So kann das eine Ohr gerade von einem Druckmaximum (Wellenberg) getroffen werden, während am anderen ein Druckminimum (Wellental) oder irgendeine Phase dazwischen wirksam wird. Schließlich erfährt auch die Frequenzzusammensetzung eine Veränderung, je nachdem, ob ein Ohr der Schallquelle zu- oder abgewandt ist. Hohe Frequenzen haben eine mehr gerichtete Ausbreitung. Das ihrer Quelle zugewandte Ohr erhält von ihnen einen größeren Anteil als das durch den Kopf abgeschirmte. Auf diese Weise ergeben sich für das räumliche Hören drei hauptsächliche Faktoren: Intensitätsunterschiede, Phasenunterschiede, Frequenzunterschiede. Alle drei zusammen ergeben das räumliche Hören.
In seinem Gehirn besitzt der Mensch ein ungewöhnlich präzises und empfindliches Instrument zum Vergleich der von den beiden Ohren kommenden

Eindrücke. Aus Lautstärkeunterschieden, Zeitdifferenzen und Frequenzabweichungen entsteht im Bewußtsein eine reale Vorstellung des Raumes und der Verteilung der Schallquellen darin, und zwar nach allen Dimensionen. Auch mit geschlossenen Augen vermittelt uns das Gehör ein Bild von der Zusammensetzung eines Orchesters. Wir hören die Geigen links, die Celli rechts und erkennen auch, daß die Posaunen im Hintergrund und die Pauken noch weiter zurück angeordnet sind.
Diese räumliche Orientierung macht das Orchester durchsichtig. Ohne sie würde uns ein Tonbrei entgegenbranden. Mit ihr sind wir in der Lage, uns im Tongewirr sogar auf ein einzelnes Instrument zu konzentrieren. Das Instrument selbst wird geradezu als plastischer Klangkörper empfunden.
Als Sinneseindruck ist das Raumhören für das Erfassen der Wirklichkeit weit wichtiger als die Empfindlichkeit für alle vorhandenen Schallschwingungen. Im Gegensatz zur Frequenzempfindlichkeit, bei der sich mit zunehmendem Alter das Aufnahmevermögen für die raschesten Schwingungen mindert, bleibt das räumliche Hören in weit höherem Grade erhalten.

Die Aufzeichnung räumlicher Eindrücke

Das Festhalten von Sinneseindrücken, um das mit ihnen verknüpfte Erlebnis beliebig zu wiederholen, ist ein uraltes menschliches Bestreben. Von der plastischen Nachbildung abgesehen, verzichtete jede Aufzeichnung des optischen Eindrucks zunächst einmal auf die räumliche Dimension. Schon sehr früh allerdings lernte der Mensch, den räumlichen Eindruck durch das perspektivische Zeichnen vorzutäuschen. Als man schließlich die Hand des Zeichenkünstlers durch die fotografische Linse ersetzte, blieb die Perspektive automatisch erhalten; sie ist ein Element des Abbildungsverfahrens.
Auch die sehr viel später entwickelte Fertigkeit der mechanischen Schallaufzeichnung mit Hilfe der Schallplatte enthält automatisch gewisse Elemente des Raumes, die man fast als eine Perspektive des Schalls bezeichnen könnte.
Beide Aufzeichnungen — das gemalte Bild und die gravierte Schallplatte — entbehren aber den vollen, ohne Beihilfe der Phantasie zwingenden Raumeindruck. Deshalb bemühte sich die Technik immer wieder darum, diesen Raumeindruck für die Optik als Stereoskopie und für die Akustik als Stereofonie zu erreichen. Merkwürdigerweise gelang die optische Lösung zuerst, obwohl die akustische Abbildung des Raumes prinzipiell viel einfacher ist. Diese Einfachheit machte die Stereofonie so rasch populär.
Die Aufnahmetechnik der Stereofonie ahmt den natürlichen Vorgang des Hörens ganz simpel mit zwei Mikrofonen nach. Werden sie etwa bei der

sogenannten kopfbezüglichen Stereofonie zu beiden Seiten einer hölzernen Kopfnachbildung angeordnet, liefern sie ganz ähnlich unterschiedliche Signale wie unsere Ohren in der Wirklichkeit. Da wir später die Reproduktion wieder mit den Ohren aufnehmen müssen, erübrigt sich die Analyse der Signale. Das macht unser Gehirn so wie immer. Die beiden Signale brauchen nur wieder hörbar zu werden, und zwar wegen ihrer Unterschiede über zwei Schallquellen, zwei Lautsprecher, Lautsprechergruppen oder auch Kopfhörermuscheln. Hier liegt übrigens auch der Grund, weshalb Menschen, die auf einem Ohr taub sind, die Stereofonie nicht zu erkennen vermögen.
Die Verbindungen von beiden Mikrofonen zur Aufzeichnungsapparatur sowie die Verbindungen innerhalb der Wiedergabeanlage und zu den getrennten Lautsprechern bezeichnen die Fachleute treffend als Kanäle. In ihnen fließen getrennt die Informationen des rechten und des linken Mikrofons. Die Stereofonie beruht also auf einem zweikanaligen Aufnahme- und Wiedergabeverfahren. Nach der Anordnung der Mikrofone und Lautsprecher unterscheidet man einen linken und einen rechten Kanal; sie werden auch Kanal A und B oder Kanal 1 und 2 genannt.
Die Aufnahmetechnik wurde im Laufe der Zeit komplizierter und vollkommener. Man kann an einem Ort zwei Mikrofone übereinander anordnen, die mit ihrer bevorzugten Aufnahmerichtung (Richtkeule) auseinanderweisen (L-und-R-Verfahren). Durch besondere Mikrofonkombinationen oder Schaltungen kann man aber auch einen richtungsunabhängigen Mitten- und einen gerichteten Seiteneindruck (M-und-S-Verfahren) aufnehmen.
Die Stereofonie kann auch mit zwei Signalen zustande kommen, von denen eines die Summe von Rechts und Links (R + L) enthält und das andere die Differenz (R — L). Ist das Summensignal in der Aufzeichnung enthalten oder kann es ohne Verzerrungen aus der Aufzeichnung gewonnen werden (das bedeutet, daß in den Einzelsignalen keine Phasenunterschiede enthalten sind), dann läßt sich die Aufzeichnung sowohl für monofone als auch stereofone Wiedergabe verwenden. Diese Verträglichkeit der Aufzeichnung gegenüber allen Wiedergabegeräten wird Kompatibilität genannt. Sie ist besonders wichtig für die Rundfunk-Stereofonie.
Die zweikanalige Aufnahme kann auch mit ganzen Gruppen von Mikrofonen erreicht werden. Sie müssen nur letzten Endes in zwei Stammleitungen, den beiden Kanälen, zusammenlaufen. Dabei ist es vorteilhaft, diese Zusammenführung über Mischpulte zu vollziehen, mit denen die von einzelnen Instrumenten kommenden Signale nach Belieben verändert oder auch von einem Kanal in den anderen verschoben werden können. Die Stereotechnik dient also nicht allein zur genaueren Kopie der Originaldarbietung, ihre Effekte lassen sich auch gut zu eigener künstlerischer Gestaltung heranziehen.

Die Stereoschallplatte

Gegenüber der monauralen oder einkanaligen Aufzeichnung der Schallplatte muß die stereofone zwei Signale enthalten. Dabei ergeben sich einige Forderungen, die zunächst unvereinbar erscheinen. Die zweikanalige Aufzeichnung muß in einer einzigen Rille enthalten sein, da an der seitherigen Abspieltechnik möglichst wenig verändert werden darf. Vor allem soll das Abtasten mit einer einzigen Nadel erhalten bleiben. Mit dem gleichen Gerät müssen also auch die bisherigen monauralen Schallplatten abgespielt werden können.

Die Stereofonie erfordert aber eine möglichst vollständige Trennung der beiden Kanäle, sowohl bei der Aufzeichnung als auch bei der Wiedergabe. Denn der stereofone Effekt beruht ja gerade auf den Unterschieden der beiden Signale. Er wird mit der Beeinträchtigung dieser Unterschiede vermindert oder geht ganz verloren.

Die Forderung nach einer möglichst guten Kanaltrennung formulieren die Techniker etwas exakter und verlangen geringstes Übersprechen der beiden Kanäle. Als Maß für das Übersprechen, das sowohl schon in der Aufnahme als auch in jedem einzelnen Glied der Wiedergabeanlage entstehen kann, gilt der Wert der Übersprechdämpfung, der in Dezibel angegeben wird. Er kennzeichnet das Verhältnis des Nutzsignals im betreffenden Kanal zum übersprochenen Störsignal im anderen Kanal. Je höher dieser Wert gemessen wird, um so besser ist die Kanaltrennung.

Bei dem Zwang, beide Informationen der Stereofonie in einer Rille unterzubringen, bot sich eine Kombination der beiden bisher möglichen Aufzeichnungsarten als selbstverständlich an. Beide Verfahren zeichnen die Tonschwingungen in Form von Schlangenwindungen auf. Nur verlaufen die Auslenkungen der Berliner-Schrift waagerecht, während die früher angewandte Edison-Schrift eine Tiefenschrift ist, bei der die Windungen senkrecht zur Plattenoberfläche stehen. Eine Vereinigung der beiden Schriftarten ergibt also eine Stereoschrift mit zwei senkrecht aufeinanderstehenden Achsen, von denen eine parallel zur Plattenoberfläche liegt. Da infolge der Schwerkraft eine dieser Achsen vorbelastet ist, wird das Achsenkreuz um 45 Grad gedreht. Die Informationen der beiden Kanäle werden damit je einer Rillenflanke zugeordnet und erhalten so die gleichen Abtastbedingungen.

Der Schneidkopf zur Herstellung der ersten Lackfolie mußte umkonstruiert

werden. Er besitzt jetzt zwei Antriebssysteme für den Schneidstichel, die senkrecht aufeinanderstehen und jeweils um 45 Grad zur Folienoberfläche geneigt sind. Jeder Antrieb wird nun von je einem Signal der auf Band genommenen Stereoaufnahme gesteuert.
Beim Schneiden können durch entgegengesetzte Auslenkungen beider Flanken übermäßig breite Rillen entstehen. Deshalb wurde die Rillenbreite von 55 μm (= $^{55}/_{1000}$ mm) auf 40 μm verringert. Die alte Schellackplatte hatte eine Rillenbreite von 120 μm (1 μm = Mikrometer = 1 millionstel Meter). Bei guten Schallplatten wird eine ausreichende Kanaltrennung mit einer Übersprechdämpfung von mehr als 20 dB im Bereich von 1000 Hertz ohne weiteres erreicht.
Bei der Betrachtung der Rillenform haben wir bisher lediglich festgestellt, daß sie die Schallschwingungen als Schlangenwindungen enthält. Deren Abmessungen hängen außer von der Dynamik, die die Querauslenkung bestimmt, noch von der Höhe der Frequenzen und der Umdrehungsgeschwindigkeit der Schallplatte ab. Die früheren Schellackplatten sind auf eine Geschwindigkeit von 78 Umdrehungen pro Minute (Upm) genormt. Dabei ergibt sich für eine Schwingung eine verhältnismäßig große Weglänge der Rille. Da der Rillendurchmesser am Rande der Schallplatte größer ist als in der Mitte, vermindert sich bei gleichbleibender Geschwindigkeit die Aufzeichnungslänge einer Schwingung nach innen immer mehr. Das hat auch eine zunehmende Verschlechterung der Aufzeichnung zur Folge.
Die Langspiel- und ebenso die Stereoplatte laufen nur noch mit 33$^{1}/_{3}$ Upm und enthalten damit auch mehr Musik. Die Verlangsamung ist mit dem verbesserten Plattenmaterial und besserer Schneidtechnik möglich geworden. In der Endrille mit ihrem Durchmesser von 110 Millimetern bleibt für einen Ton von 12 000 Hertz nur noch eine Länge von 16 μm je Schwingung übrig. Daraus mag man ermessen, welche Präzision beim Schneiden der Platte, beim Prägen und später auch beim Abspielen bewältigt werden muß.
Zwischen den Umdrehungsgeschwindigkeiten der Schellack- und der Langspielplatte liegt die der kleinen 17-cm-Platte mit 45 Upm. Bei den Plattenspielern findet sich noch eine vierte Geschwindigkeit von 16$^{2}/_{3}$ Upm.
Die Schallplatte ist für die Musikwiedergabe heute noch die am meisten verbreitete Programmquelle. Ihre hohe Qualität wird leider mit jedem Abspielen verschlechtert, wobei die Stereoplatte mit ihrer differenzierteren Rille besonders empfindlich ist. Bei der Abnutzung werden die kleinsten Auslenkungen — gerade sie enthalten die so erwünschten hohen Frequenzen — zuerst abgeschliffen. Zugleich leidet aber auch die Plattenoberfläche, die infolge des relativ weichen Kunststoffmaterials auch gegenüber ungewollten Beschädigungen besonders gefährdet ist.

Aufzeichnung auf Tonband

Die Suche nach einem neuen Tonträger ist schon verhältnismäßig alt. Dabei ging das Bestreben vor allem dahin, von der mechanischen Abtastung der Aufzeichnung mit einer schwingenden Masse zu einer trägheitslosen zu kommen, an der keine beweglichen Teile mehr beteiligt sein sollten.

Technisch durchentwickelt wurden zwei Verfahren — die Lichtton- und die Magnettonaufzeichnung. Beide fixieren genau wie die Schallplattenrille den zeitlichen Ablauf der Schallschwingungen der Länge nach auf einer ablaufenden Spur. Erstere arbeitet nach dem Prinzip der fotografischen Aufzeichnung einer im Takte der Frequenzen dunkler und heller gesteuerten (modulierten) Lichtquelle auf einem Filmstreifen. Letztere hält auf dem Tonträger magnetische Feldstärkeschwankungen fest, die ebenfalls im Takte der Tonfrequenzen verlaufen.

Das zweite Verfahren hat sich nicht nur mit großen, sorgfältig gebauten und entsprechend teuren Maschinen für alle Tonaufnahmen der Schallplatten- und Rundfunkstudios durchgesetzt, es bildet auch mit kleinen und billigen Maschinen die Grundlage einer über die ganze Welt verbreiteten Liebhaberei privater Tonaufzeichnung und Wiedergabe.

Diese Entwicklung ist hauptsächlich dem Übergang vom ursprünglich verwendeten, magnetisierten Stahldraht auf das Tonband zu verdanken. Damit erhielten die Tonamateure einen bequemen und verhältnismäßig billigen Tonträger mit überraschend hoher Aufzeichnungsqualität.

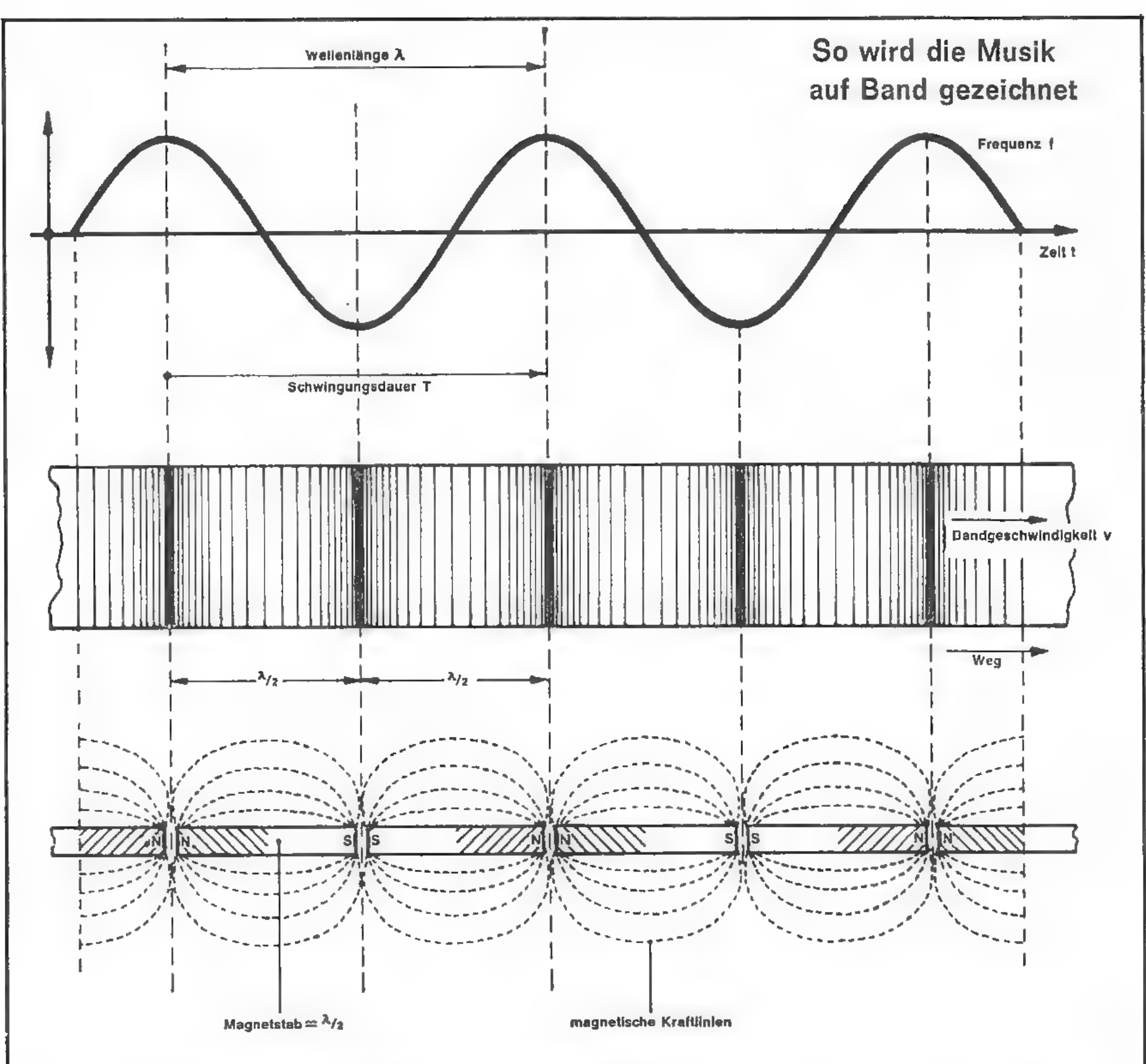
Die Aufzeichnung von Signalen auf Tonband beruht auf der Veränderung einer magnetisch empfindlichen Schicht, die auf eine Kunststoffolie aufgetragen ist. Die Beeinflussung geschieht durch einen kleinen Elektromagneten, den Tonkopf, dessen Spule von den verstärkten Signalströmen durchflossen wird. Der Kopf besitzt einen nur wenige Tausendstel Millimeter breiten Spalt, aus dem das magnetische Kraftfeld austritt und in die Eisenoxidschicht des an ihm vorübergleitenden Tonbandes eindringt. Auf diese Weise wird die Schicht, je nach den Veränderungen des Signals, unterschiedlich magnetisiert. Maßgebend für die Magnetisierung ist die ablaufende, in der Bewegungsrichtung des Bandes liegende Kante des Kopfspalts. So entsteht beispielsweise bei tonfrequenten Signalen in der

Schicht eine Folge von winzigen Magneten, deren Länge und Stärke genau den Wechselspannungen und Lautstärkeveränderungen der Signale entspricht. Je schneller das Band läuft, um so mehr Platz ist für die Aufzeichnung einer einzelnen Schwingung vorhanden, um so mehr Schwingungen sind je Längeneinheit des Bandes unterzubringen. Daraus ergibt sich die wichtige Tatsache: Je rascher das Band läuft, desto höhere Frequenzen können noch einwandfrei aufgezeichnet werden. Allerdings ist diese Aufnahmequalität nicht unumstößlich festgelegt. Sie wurde im Laufe der Zeit durch verschiedene Maßnahmen erheblich verbessert. Wenn ein auf der Berliner Funkausstellung 1935 gezeigtes Gerät bei einer Bandgeschwindigkeit von 100 Zentimetern in der Sekunde einen geradlinigen Frequenzbereich von 50 bis 5000 Hertz aufzuzeichnen imstande war, so leistet das heutige kleine *Uher 4000 report-L* mit 40 bis 4500 Hertz fast schon dasselbe — bei einer Bandgeschwindigkeit von nur 2,4 Zentimetern in der Sekunde.
Eine bedeutende Verbesserung erfuhr die Aufzeichnung durch die 1937 entdeckte Hochfrequenzvormagnetisierung, die die Empfindlichkeit des Bandes steigerte und gleichzeitig das Bandrauschen verminderte. Diese Vormagnetisierungsfrequenz wird zusammen mit den aufzuzeichnenden Signalen dem Tonkopf zugeführt und gestattet die günstigste Wahl des sogenannten Arbeitspunktes der Aufzeichnung. Vereinfacht ausgedrückt, versteht man darunter einen Bereich in der Magnetisierungskennlinie (Remanenzkurve) des Bandes, der — ähnlich wie bei der Röhrenkennlinie — geradlinig verläuft und beste Aussteuerungsbedingungen sichert. Zugleich wird aber auch die Bandempfindlichkeit verbessert.
Eine weitere Vergrößerung des Frequenzbereiches ist mit dem Cross-Field-Verfahren möglich, das einen besonderen Kopf für die Vormagnetisierung verwendet.
Das Tonband hält seine Magnetisierung so lange fest, bis es wieder gelöscht wird. Es kann praktisch beliebig oft und ohne Qualitätseinbuße abgespielt werden. Beim Abspielvorgang, der mit der gleichen Geschwindigkeit erfolgen muß, erzeugen die am Kopfspalt vorübergleitenden Magnetchen des Bandes in diesem Kopfspalt einen wechselnden magnetischen Fluß, durch den in der Wicklung des Kopfes nach dem elektromagnetischen Prinzip wieder die ursprünglichen Tonfrequenzen hervorgerufen werden.

Spitzengeräte mit getrenntem Sprech- und Löschkopf

Bei den meisten Geräten wird für die Aufzeichnung und Wiedergabe derselbe Kopf verwendet, der dann als Kombikopf jeweils auf den Aufnahmeverstärker oder auf den Wiedergabeverstärker geschaltet werden kann.

In Richtung des Bandlaufes gesehen, liegt vor dem Kombikopf ein Löschkopf. Er wird mit einer weit über den hörbaren Frequenzen liegenden Löschfrequenz gespeist, die ein im Gerät vorhandener Oszillator erzeugt. Dieser liefert damit auch die Vormagnetisierungsfrequenz. Bei jeder Aufnahme wird das Band automatisch gelöscht, aber selbstverständlich läßt es sich auch ohne eine neue Aufnahme löschen. Der Löschungsgrad wird als Löschdämpfung bezeichnet und in Dezibel angegeben.
Anspruchsvolle Geräte besitzen getrennte und optimal für ihren Spezialbereich konstruierte Sprech- und Hörköpfe, die auch als Aufnahme- und Wiedergabekopf bezeichnet werden. Ein Unterschied der beiden Köpfe liegt in der Spaltbreite. Hörköpfe haben vorteilhafterweise schmalere Spalte als Sprechköpfe. Ein Kopfspalt mißt nur wenige Tausendstel Millimeter. Er bleibt nicht frei, sondern ist mit einem entsprechend dünnen Blech aus Berylliumkupfer ausgefüllt. Zumindest der Hörkopf wird während der Wiedergabe noch mit einem Mu-Metallblech von der Bandrückseite gegen magnetische und elektrische Störfelder abgeschirmt. Die Köpfe selbst liegen in einer Abschirmung aus Mu-Metall, die nur die Vorderseite mit dem Spalt, den sogenannten Kopfspiegel, freiläßt.
Um die Ausstattung mit drei Köpfen voll auszunutzen, besitzen solche Geräte auch noch getrennte Verstärker für Aufnahme und Wiedergabe. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, über einen Lautsprecher oder Kopfhörer sowohl das Eingangssignal für die Aufzeichnung wie auch das Wiedergabesignal vom Hörkopf abzuhören. Eine solche Hinterbandkontrolle gibt also die Aufzeichnung schon während der Aufnahme wieder. Ein abwechselndes Umschalten auf Vor- und Hinterbandkontrolle erlaubt den genauen Vergleich von Original und Aufzeichnung.
Dabei erscheint das Wiedergabesignal um die Zeit später, die das Band für den Weg vom Sprech- zum Hörkopf braucht. Aber diese Verzögerung läßt sich zu einem neuen Effekt der Akustik ausnutzen: Führt man das Signal des Hörkopfes noch einmal auf den Sprechkopf zurück, was meist mit einer gewissen Frequenzbeschneidung verbunden wird, dann zeichnet es der Sprechkopf noch einmal auf, so daß es hinter dem Hauptsignal in der Gesamtaufzeichnung mit zeitlicher Verzögerung wieder erscheint. Bei ausreichender Bandgeschwindigkeit ist diese Verzögerung kurz genug, um als Nachhall empfunden zu werden. Hierbei erscheint die Nachhallzeit um so länger, je stärker das nachhinkende Signal zu hören ist. Mit einem Pegelregler kann also der Eindruck verschiedener Nachhallzeiten erreicht werden. Bei niedrigen Bandgeschwindigkeiten wird aus dem Nachhall ein Echo.
Aus physikalischen Gründen erfolgen Aufzeichnung und Wiedergabe der verschiedenen Frequenzen nicht mit der gleichen Intensität. Außerdem sind



Oben ist ein Ton als Kurve dargestellt. Während jeder einzelnen Schwingung entstehen bei der Aufnahme auf dem Magnetband zwei kleine Magnete mit Nord- und Südpol (Mitte und unten). Je größer die Frequenz ist, desto enger liegen die Pole beieinander. Am Scheitelpunkt einer Schwingung stehen sich jeweils zwei gleichartige Magnetpole gegenüber. An dieser Stelle erfolgt die stärkste Magnetisierung des Bandes.

diese Unterschiede auch noch von der gewählten Bandgeschwindigkeit abhängig. Um einen geradlinigen Frequenzgang zu erreichen, müssen die hohen Frequenzen für die magnetische Aufzeichnung mehr verstärkt werden als die tiefen. Das bedeutet also, daß eine Höhenanhebung vorgenommen werden muß, die auch als Entzerrung bezeichnet wird. Dieser Vorgang ist aber nicht mit dem Beheben klirrender Verzerrungen zu verwechseln. Es handelt sich vielmehr um eine reine Veränderung des Frequenzganges.

Das Anheben der Höhen muß um so stärker erfolgen, je niedriger die Bandgeschwindigkeit ist. Aus Gründen der Aufzeichnungsqualität wird diese Anhebung auf die Aufnahme und Wiedergabe verteilt. Eine einseitig bei der Aufnahme vorgenommene Anhebung könnte zur Gefahr der Übersteuerung des Bandes führen. Und eine nur bei der Wiedergabe vorgenommene Anhebung würde gleichzeitig auch die im Bereich der hohen Frequenzen liegenden klirrenden Verzerrungen und das Bandrauschen mit verstärken. Es ist demnach ein Kompromiß für die Höhenanhebung zu suchen, der zugleich genormt werden muß, damit beim Abspielen fremder Bänder der gleiche Effekt zustande kommt.
Leider gibt es heute zwei genormte Entzerrungen — die der europäischen CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications) mit 25 Prozent Anhebung bei der Aufnahme und 75 Prozent bei der Wiedergabe und die der amerikanischen NARTB (National Association of Radio and Television Broadcasters) mit einer hälftigen Verteilung der Anhebung. Die Art der Entzerrung ist demnach auch in den Gerätedaten anzugeben.
Es gibt auch Geräte, bei denen die Entzerrung nach beiden Normen wählbar ist. Die Einstellung der Entzerrung für die verschiedenen Bandgeschwindigkeiten erfolgt automatisch mit der Geschwindigkeitswahl.
Aufsprech- und Wiedergabeverstärker — bei einfachen Geräten wird ein Verstärker nach Bedarf auf beide Funktionen umgeschaltet — sind also nicht nur für die Entzerrung, sondern auch zum Erzielen eines ausreichenden Signals notwendig. Normalerweise ist ja das Eingangssignal, das von den Programmquellen (Radio, Schallplatte, Mikrofon) zum Tonbandgerät gelangt, sehr schwach, immer aber unterschiedlich hoch. Der Aufnahmeverstärker enthält deshalb einen Pegelregler. Damit das Band nicht übersteuert wird, womit die Aufzeichnung in den gekrümmten Teil der Remanenzkurve fiele und verzerrt würde, ist eine Pegelanzeige erforderlich, mit der meist noch eine Markierung der optimalen Aussteuerung verbunden ist. Anfänglich wurde dazu ein Magisches Auge, später ein Magisches Band verwendet, deren Leuchtfelder gerade noch zusammentreffen durften. Praktischer ist die Anzeige mit einem Meßinstrument, das als VU-Meter (Volume Indicator) eine aufnahmegerechte Bewertung des Komplexes der angebotenen Frequenzen vornimmt.
Das aufzuzeichnende Signal kann auch automatisch auf elektronischem Wege auf einem optimalen Pegel gehalten werden. Das bringt aber naturgemäß eine Nivellierung der Dynamik mit sich, scheidet also für High-Fidelity-Aufnahmen aus. Die Automatik muß deshalb abschaltbar sein.
Gleichermaßen wird mit dem Regler des Wiedergabeverstärkers die äußerst geringe Spannung, die vom Hörkopf geliefert wird, so weit verstärkt, daß

sie zur Aussteuerung des nachfolgenden Endverstärkers zum Betrieb der Lautsprecher ausreicht. An dieser Stelle sind dann auch noch die Klangregelstufen für die Wiedergabebeeinflussung angeordnet, zumindest, wenn es sich um die Wiedergabe über eingebaute oder über solche Lautsprecher handelt, die direkt an eventuell im Tonbandgerät vorhandene Endstufen angeschlossen sind. Ein geeigneter Ausgang liefert die Tonspannung auch an einen besonderen Verstärker, wenn das Gerät als Teil einer großen Wiedergabeanlage verwendet wird.

Vielfachspielband und Viertelspur

Die Geschwindigkeiten, mit denen das Band an den Tonköpfen vorbeitransportiert wird und von denen der aufgezeichnete Frequenzbereich abhängt, sind genormt. Sie entstehen durch jeweilige Halbierung, ausgehend von der Geschwindigkeit von 76 Zentimetern in der Sekunde, mit der Studiogeräte für höchste Ansprüche arbeiten. Zahlreiche Verbesserungen ergeben heute schon ausreichende Studioqualität bei 38 Zentimetern in der Sekunde. Für hochwertige Amateurgeräte werden die Geschwindigkeiten von 19 und 9,5 Zentimetern pro Sekunde verwendet. Die Geschwindigkeit von 4,75 Zentimetern pro Sekunde steht für diese Geräte bereits ernsthaft zur Diskussion. Sprachaufzeichnungen lassen sich einwandfrei verständlich schon mit einer Geschwindigkeit von 2,4 Zentimetern in der Sekunde erzielen.
Die gewählte Geschwindigkeit entscheidet sowohl über die Bandkosten je Zeiteinheit der Aufnahme wie auch über die Aufnahmekapazität einer bestimmten Spulengröße. Je nach Konstruktion haben Tonbandgeräte nicht immer Platz für die größeren Spulen. Bei tragbaren Geräten ist man deshalb darauf angewiesen, möglichst viel Aufnahmekapazität auf den Spulen unterzubringen.
Zu diesem Zweck wurden die Tonbänder im Laufe der Zeit immer dünner. Man unterscheidet deshalb Normal-, Langspiel-, Doppelspiel- und Triplebänder. Entsprechend läßt sich auf einer Spule die einfache, anderthalbfache, doppelte oder dreifache Bandlänge und damit Spielzeit unterbringen. Das dünnste Band hat sogar eine vierfache Spielzeit gegenüber dem Normalband. Die mechanische Festigkeit des Bandes nimmt natürlich mit der Bandstärke ab. Da zugleich die magnetisch empfindliche Schicht immer dünner wird, sinkt auch die Aufnahmequalität.
Zur Steigerung der Aufnahmekapazität des Tonbandes gibt es aber noch ein weiteres Mittel. Bei den ältesten Tonbandgeräten und lange Zeit auch noch bei den Studiogeräten beanspruchte die vom Spalt des Sprechkopfes hinterlassene magnetische Spur — abgesehen von einer schmalen Rand-

zone — die ganze Breite des Tonbandes. Sehr bald erschien diese Vollspur als eine Verschwendung des auf dem Band verfügbaren Platzes. Man ging deshalb zur Halbspur mit einer Aufzeichnungsbreite von rund 2 Millimetern über. Dazu wurde die Länge des Kopfspalts auf mehr als die Hälfte verkleinert. So ließen sich zwei Aufzeichnungsspuren auf dem Band unterbringen, das heißt, die Aufnahmefähigkeit des Bandes verdoppelte sich. Wurde die zweite Bandaufzeichnung dann noch in umgekehrter Richtung vorgenommen, brauchte das Band auch nicht mehr zurückgespult zu werden. Unter dem Ende der einen Spur lag also der Anfang der zweiten. Die Spule mußte nur noch vom rechten auf den linken Spulenteller umgelegt werden, und schon lag wieder eine volle Spule für den von links nach rechts festgelegten Bandlauf bereit.

Um die Bänder auf jeder dieser Halbspurmaschinen abspielen zu können, ist die Spurlage international genormt: Der Kopfspalt liegt in der oberen Hälfte des Tonkopfes. Der Anfang des Bandes wird mit einem grünen Vorspannband gekennzeichnet. Sobald Grün auf der Spule außen sichtbar ist, liegt die obere Spur 1 zur Aufzeichnung oder zum Abspielen bereit. Nach dem Ablauf des Bandes liegt das mit rotem Vorspannband gekennzeichnete Ende außen, und nach dem Umlegen kommt automatisch die Spur 2 in den Bereich des Kopfspalts. Nach dem zweiten Durchlauf liegt dann wieder der grüne Anfang außen.

Die Aufzeichnung der Frequenzen ändert sich beim Übergang von der Voll- zur Halbspur nicht. Was sich aber halbiert, ist die von der Magnetspur im Hörkopf hervorgerufene (induzierte) Spannung. Um die gleiche Lautstärke wie bei der Vollspur zu erreichen, muß die nachfolgende Verstärkung verdoppelt werden. Weil dabei aber auch die Störspannungen, besonders das Bandrauschen, mit verstärkt werden, sind bessere Verstärker erforderlich — was bei der Halbspur keine besonderen Schwierigkeiten machte — und rauschärmere Bänder.

Die Bandsparer gaben sich damit immer noch nicht zufrieden. Bald wurde auch die Halbspur noch einmal geteilt. Es entstanden Geräte mit einer kaum einen Millimeter breiten Viertelspur. Die Aufnahmekapazität konnte damit gegenüber der Vollspur vervierfacht werden. Selbst kleine Spulen ermöglichen seither stundenlange Spielzeiten.

Der Viertelspurkopf ist in zwei Stockwerken aufgebaut, zwischen denen ein breiter Zwischenraum zur Sicherung der notwendigen Übersprechdämpfung als Abschirmung liegt. Die beiden Spalte haben einen Abstand, der dem zwischen der 1. und 3. Spur entspricht. Durch Umschalten kann der Kopf wahlweise mit dem oberen oder unteren Spalt betrieben werden. Nach dem Umlegen der Spule stehen dann die Spuren 4 und 2 zur Verfügung. Zur

vollen Bandausnutzung wird zweimal umgelegt, so daß eine durchgehende Aufnahme nacheinander die Spuren 1, 3, 4 und 2 verwendet und auf die Spuren 1 und 3 sowie 4 und 2 in der gleichen Laufrichtung aufgezeichnet wird.
Wenn derart auf einer 13-cm-Spule mit 360-m-Doppelspielband eine Spielzeit von insgesamt fast 4½ Stunden untergebracht werden kann, so mag das in einem Werbeprospekt großartig aussehen. Die Amateure erkannten aber bald, daß mit solchen Spielzeiten nur für dauernd laufende Hintergrundmusik etwas anzufangen ist. Aus den 65 Schlagern, die auf die vier verschiedenen Spuren dieses Bandes verteilt sind, einen gewünschten herauszufinden, ist ein hoffnungsloses Unterfangen. Die Vorteile dieser Technik zeigen sich dennoch, allerdings auf anderem Gebiet. Zunächst muß noch auf einige Schwierigkeiten hingewiesen werden, die mit der Viertelspurtechnik entstehen.

Die Plus- und Minuspunkte

Außer der Notwendigkeit einer weiteren Verdoppelung des Wiedergabeverstärkungsgrades, die schließlich mit besonders rauscharmen Transistorverstärkern einwandfrei bewältigt werden konnte, stellte sich bei der überaus schmalen Spur die Gefahr von Aussetzern ein. Als 'drop outs' machen sie der Viertelspurtechnik erheblich zu schaffen. Geringste Verunreinigungen oder Staubkörner auf dem Band führen zu Aufnahme- oder Wiedergabelücken, die um so störender werden, je weiter das Band durch die Verunreinigung vom Tonkopf abgehoben wird. Gleichgroße Staubkörner führen bei der Halbspur oft nur zu einer Verminderung der Lautstärke, bei der Viertelspur aber zum vollständigen Aussetzen des Tones. Das wird vom Ohr als besonders unangenehm empfunden. Man begegnet diesem Nachteil durch Verwendung möglichst geschmeidiger Bänder — die sich 'um ein Staubkorn besser' anschmiegen — und achtet auf Sauberkeit der Bänder. Die meisten Geräte sind mit einer Reinigungsvorrichtung versehen.
Die mit der Viertelspurtechnik notwendig gewordenen doppelstöckigen Tonköpfe ergaben — und damit machte diese Technik die erwähnten Nachteile wieder wett — unerwartete Chancen einer bedeutend erweiterten Spieltechnik. Während bislang nachträgliche Aufzeichnungen auf eine bereits bespielte Spur nur kümmerlich mit einer sogenannten Tricktaste vorgenommen werden konnten, kann man jetzt beispielsweise den oberen Kopfspalt als Wiedergabekopf und den unteren als Aufnahmekopf schalten. Das bedeutet, daß es möglich ist, eine auf Spur 1 zuerst aufgezeichnete Stimme mit dem Kopfhörer abzuhören und eine zweite Stimme taktgerecht

zur Aufzeichnung auf die Spur 3 zu spielen oder zu singen. Spielt man dann beide Spuren zusammen ab, erhält man — nach dem Duoplay-Verfahren — ein Duett. Mit Hilfe eines Mischpultes, das in vielen Tonbandgeräten als Eingangsmischer schon vorhanden ist, kann sogar auf Spur 3 eine Mischung von Spur 1 mit der zweiten Stimme aufgezeichnet werden, so daß das Duett vollständig auf der Spur 3 aufgenommen ist. Die Aufzeichnung der ersten Stimme auf Spur 1 bleibt dabei erhalten und kann zu einer eventuell notwendigen Korrektur der Mischung wieder verwendet werden. Im anderen Falle wird die Spur 1 wieder frei, so daß durch Kopfumschalten (Spur 3 auf Wiedergabe und Spur 1 auf Aufnahme) noch eine dritte Stimme hinzugefügt werden kann. Als Multiplay-Technik hat dieses Verfahren bereits viele Amateure angelockt. Seine einwandfreie Handhabung erfordert jedoch viel Geduld und Sorgfalt. Die Überspielung läßt sich nicht beliebig oft fortsetzen, da sich die Verzerrungen selbstverständlich addieren.

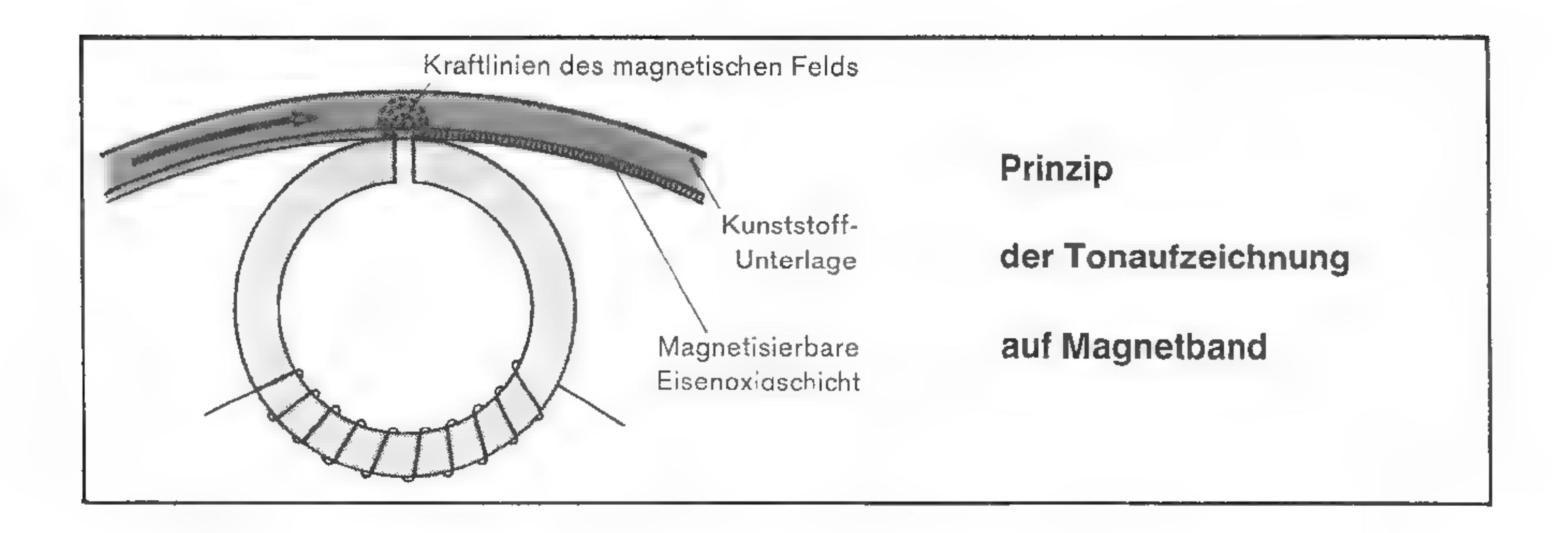
Stereofonie aus der Magnetkonserve

Für die zweikanalige Aufzeichnung der Stereofonie ist das Tonband geradezu prädestiniert. Das Nebeneinander und die vollständige Trennung der beiden Kanäle ist mit zwei Spuren auf einem Band so klar definiert wie bei keinem anderen Aufzeichnungsverfahren.
Das Stereotonbandgerät kann am besten als die Verkopplung der elektrischen Teile zweier Maschinen mit einer einzigen Mechanik zum Transport des Bandes verstanden werden. Es sind also zwei Aufnahme- und zwei Wiedergabeverstärker notwendig, wobei zumindest die beiden Eingangssignale getrennt regelbar und die Aussteuerung jedes Kanals für sich zu kontrollieren sein sollen.
Sofern Lautsprecher direkt an das Gerät anzuschließen sind, erfordert die Stereofonie die Möglichkeit, das Lautstärkeverhältnis der beiden Lautsprecher einander anzupassen, um die beste Stereowirkung zu erzielen. Der dazu erforderliche Regler wird als Balanceregler bezeichnet.
Stereoaufzeichnungen erfordern für die beiden Kanäle die gleichzeitige Herstellung zweier magnetischer Spuren in einer Laufrichtung. Deshalb muß auch der Halbspurkopf für diesen Zweck doppelstöckig ausgeführt sein. Soll die volle Breite von 2,3 Millimetern der Halbspuren erhalten bleiben, kann der Abstand zwischen ihnen nur noch höchstens 1,65 Millimeter be-

tragen. Dem entspricht dann auch der senkrechte Abstand der beiden Spalte im Halbspurstereokopf. Die Abmessungen der verschiedenen Fabrikate differieren nur sehr wenig voneinander. Der geringe Abstand verlangt große Sorgfalt zum Einhalten einer ausreichenden magnetischen Abschirmung der beiden Stockwerke voneinander. Diese Abschirmung ist für eine hohe Übersprechdämpfung erforderlich.

Die Vorteile der Viertelspur

Der Viertelspurtonkopf hat schon bei der Multiplay-Technik seine ausreichende Übersprechdämpfung bewiesen. Er kann mit seinem Spaltabstand von 2,5 Millimetern — der geringstmögliche Spurabstand von 1,75 Millimetern wird nicht ganz ausgenutzt — auch für eine Stereoaufzeichnung benutzt werden. Die Betrachtung der Spuren läßt erkennen, daß das Halbspurverfahren in Stereo nur in einer Bandlaufrichtung möglich ist. Bei einem Durchlauf ist das Band bereits voll bespielt. Es muß dann zurückgespult werden, damit der Anfang wieder nach außen zu liegen kommt. Die Bandkapazität ist also auf die Hälfte zurückgegangen.
Das Viertelspurverfahren verschafft dem Benutzer bei der Stereofonie jedoch einige besondere Vorteile: Nach einem Durchlauf sind von den vier Spuren nur zwei besprochen. Nach dem Umlegen der Spulen liegen die beiden anderen Spuren in bezug auf die Kopfspalte schon richtig zur Fortsetzung der Stereoaufzeichnung. Damit erhält das Band gegenüber dem Halbspurverfahren die doppelte Stereoaufzeichnungskapazität. Ein Stereoband in Viertelspur hat genau die gleiche Spielzeit wie ein Halbspurband in Mono.
Diese doppelte Bandausnutzung erlaubt noch eine andere Überlegung: Gibt man sich nämlich mit der gleichen Bandkapazität wie im Stereohalbspurverfahren zufrieden, so bedeutet dies, daß man die Aufnahme mit der doppelten Bandgeschwindigkeit fahren kann. Eine Stereoviertelspuraufzeichnung mit 19 Zentimetern in der Sekunde hat die gleiche Spielzeit wie die auf gleicher Bandlänge untergebrachte Stereohalbspuraufzeichnung mit 9,5 Zentimetern in der Sekunde. Bei guten Geräten übertrifft der dabei erzielte Qualitätsgewinn die Qualitätseinbuße beim Übergang von der Halb- zur Viertelspur.
Für die Bequemlichkeit der Handhabung ergibt sich noch ein weiterer Vorteil: Da das Band zum vollständigen Abspielen einmal umgelegt werden muß, ist damit auch der Rücklauf zum Anfang bereits vollzogen. Mit dem Ende des Abspielens liegt der Anfang der Aufzeichnung ohne Rückspulen wieder außen.



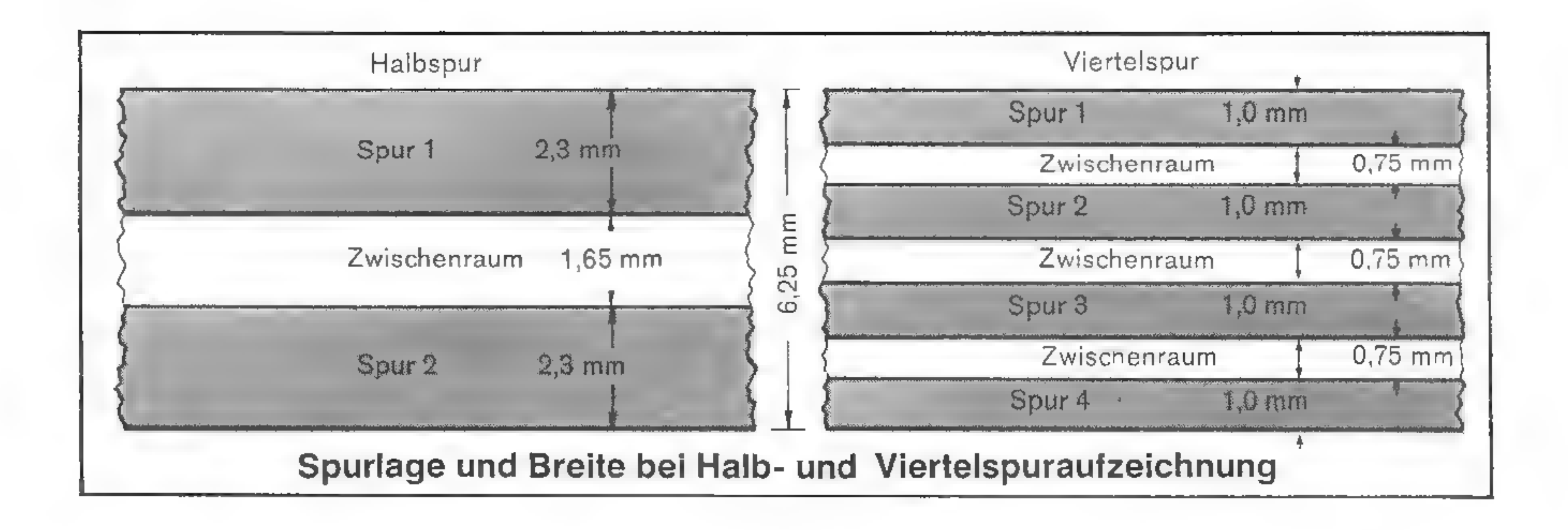
Prinzip der Tonaufzeichnung auf Magnetband

Bisher haben wir noch nichts über die senkrechte Justierung des Kopfspalts gesagt. Die Wirkung eines nicht genau senkrecht gestellten Spalts läßt sich am deutlichsten bei der Vollspuraufzeichnung erkennen. Die sichtbar gemachten Magnetspuren zeigen, daß die aufeinanderfolgenden Schwingungen der Tonfrequenzen als quer zur Bandlänge angeordnete Linien erscheinen. Sie werden in dieser Lage durch den Spalt des Sprechkopfes fixiert. Verwenden wir einen Kombikopf und immer nur das gleiche Tonbandgerät, dann dürfen diese Linien ohne nachteilige Folgen auch schräg zum Band verlaufen, da sie ja vom selben Spalt wieder abgestastet werden. Besteht aber zwischen Sprech- und Hörkopf ein Unterschied in der Spaltstellung, so tastet der Hörkopf nicht mehr genau jeweils eine einzige Magnetlinie ab, sondern — infolge der Schräglage — zugleich am einen Linienende die links benachbarten und am anderen Ende die rechts benachbarten Linien. Das ergibt eine recht unsaubere Wiedergabe.

Je schmaler nun die Aufzeichnungsspur ist, um so weniger greift der nicht exakt justierte Spalt in die benachbarten Aufzeichnungen hinein. Bei der Halbspur ist eine sehr genaue Justierung noch unerläßlich. Bei der Viertelspur sind kleine Justierfehler kaum mehr von Einfluß.

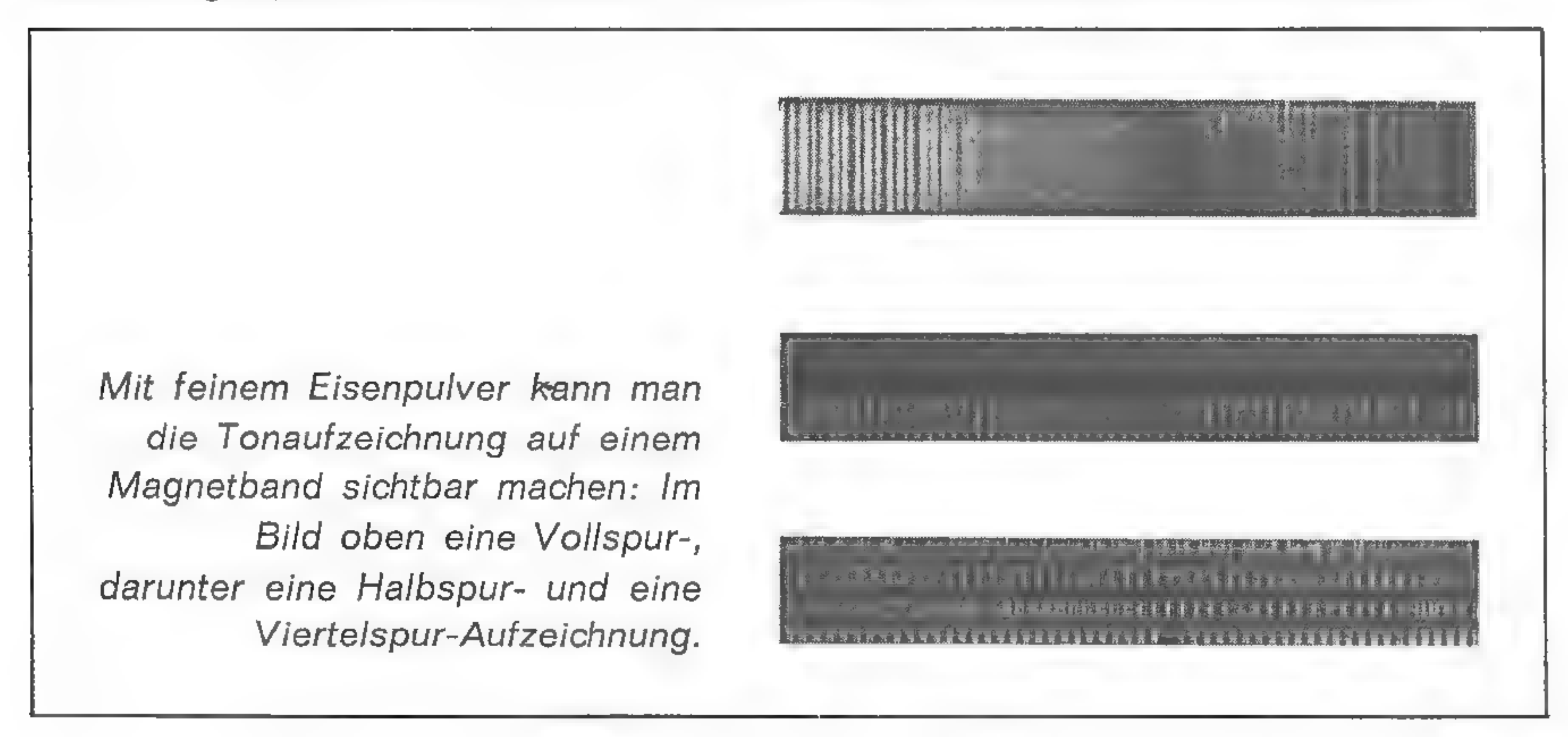
Sogar die Wirkung der gefürchteten 'drop outs' wird bei der Stereofonie verringert. Es ist nämlich kaum anzunehmen, daß solche Aussetzer gleichzeitig in beiden Kanälen vorkommen. Fällt aber nur ein Kanal für den Bruchteil einer Sekunde aus, bleibt immer noch die Wiedergabe des anderen ungestört. Man hört also viel leichter darüber hinweg.

Bei der Ausnutzung der heutigen Möglichkeiten darf tatsächlich erwartet werden, daß der Viertelspurtechnik für Stereoaufzeichnungen die Zukunft gehören wird. Es gibt in den USA seit Jahren schon vorbespielte Stereobänder in Viertelspurtechnik, die die Qualität der besten Schallplatten erreichen. Sie haben diesen gegenüber aber den Vorteil, daß die Qualität der Aufzeichnung durch das Abspielen nicht vermindert wird.

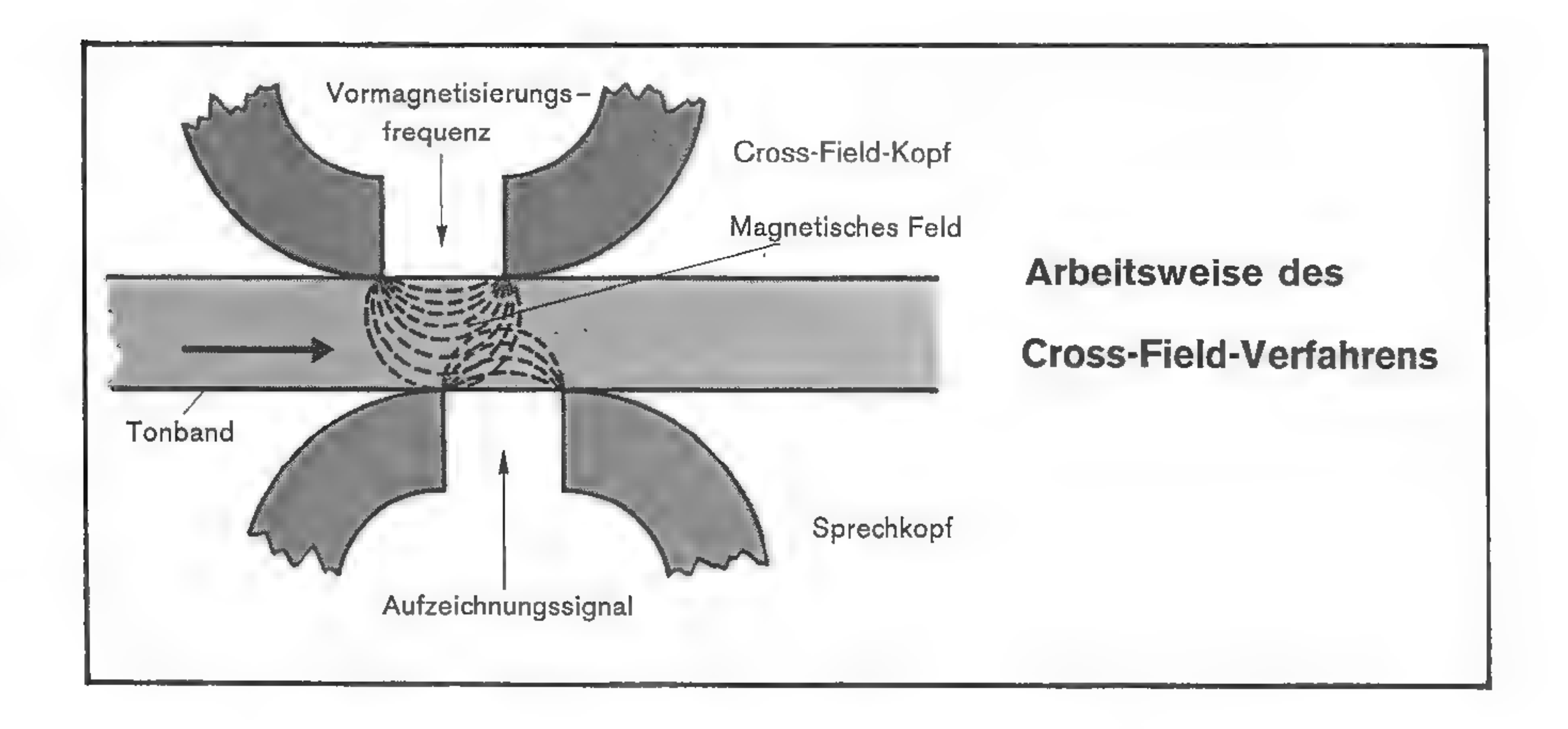


Spurlage und Breite bei Halb- und Viertelspuraufzeichnung

Mit der Existenz zweier Gerätetypen — in Halb- und Viertelspurtechnik — wird auch die Frage der beliebigen Verwendung bespielter Bänder auf beiden akut. Die Betrachtung der Spurlagen und ihrer Zuordnung zu den Kopfspalten läßt deutlich werden, daß eine Stereoaufzeichnung in Halbspur von einem Viertelspurgerät abgespielt werden kann. Lediglich der Spalt für die unten liegende Spur 3 wird nur teilweise von der ihm zugeordneten Halbspur 2 bedeckt. Das hat einen verminderten Wiedergabepegel zur Folge, kann aber bei getrennten Ausgangsreglern oder getrennten Eingangsreglern im nachfolgenden Verstärker wieder ausgeglichen werden.
Es gibt sogar eine Möglichkeit, den Pegelverlust im Kanal 2 ganz zu vermeiden. Der Konstrukteur braucht dazu nur die Halbspurköpfe der zuerst aufzeichnenden Geräte um einen halben Millimeter höher zu setzen.
Versucht man aber, ein Stereoviertelspurband auf einem Stereohalbspurgerät abzuspielen, so überdeckt jeder Spalt zugleich auch die in umgekehrter Richtung aufgezeichnete Viertelspur. Es wird also gleichzeitig von rückwärts abgespielte Musik hörbar. Ein Abspielen ist deshalb nicht möglich.



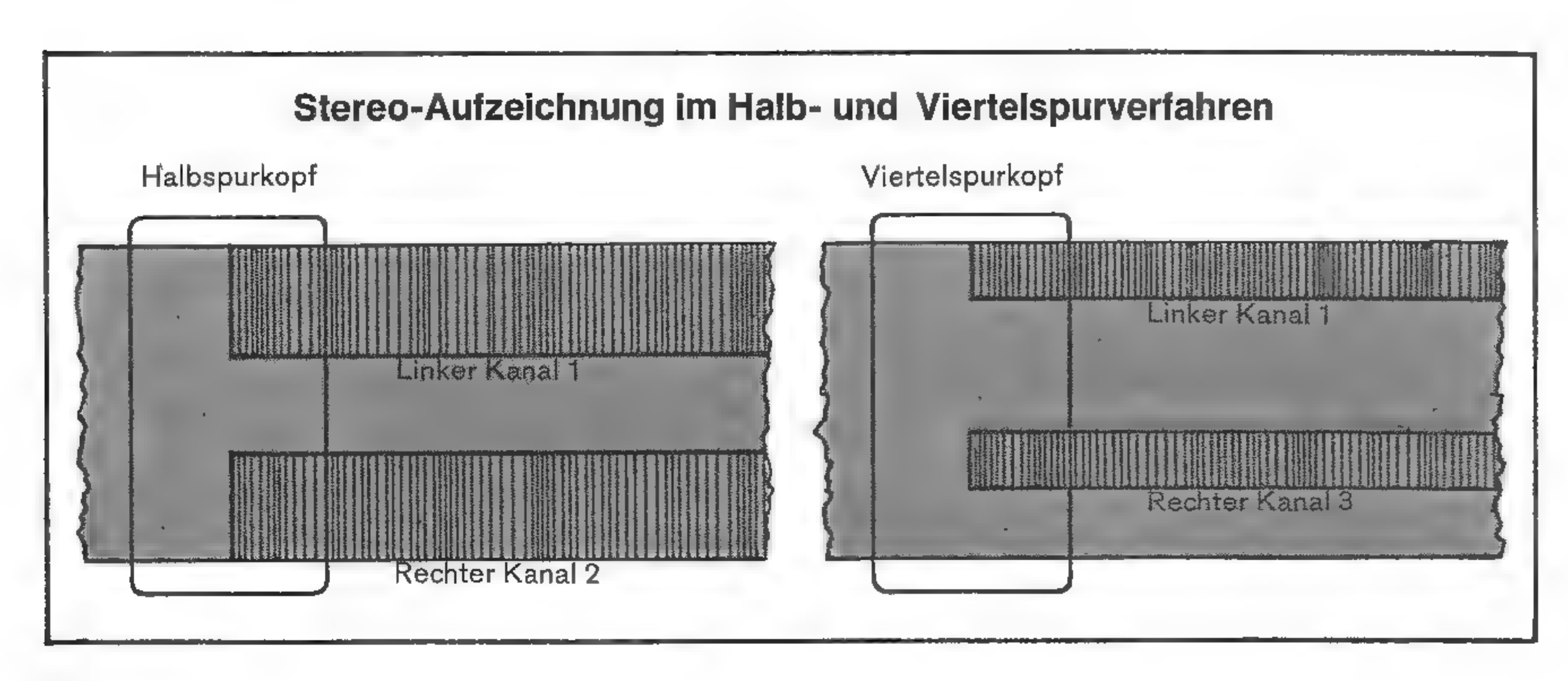
Mit feinem Eisenpulver kann man die Tonaufzeichnung auf einem Magnetband sichtbar machen: Im Bild oben eine Vollspur-, darunter eine Halbspur- und eine Viertelspur-Aufzeichnung.

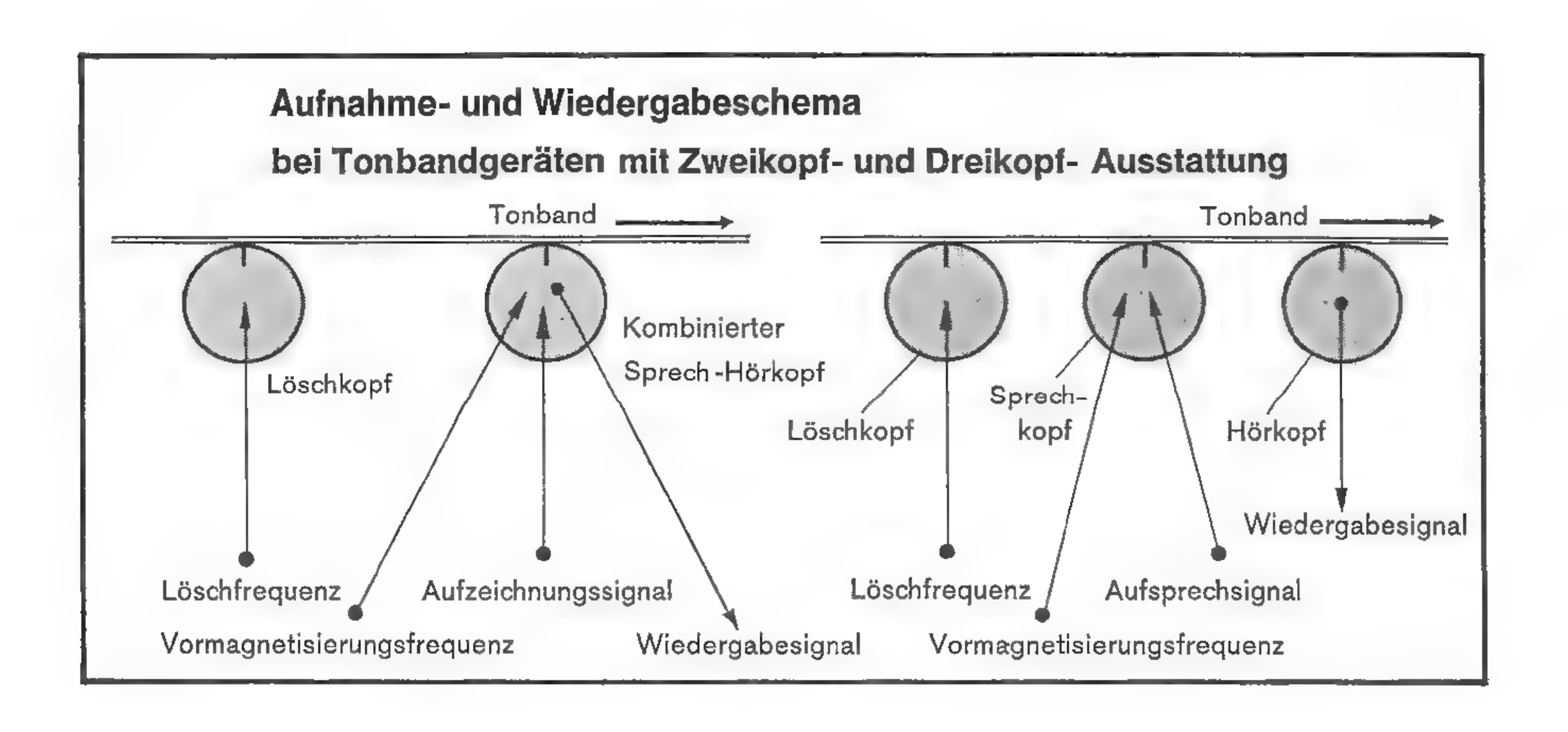


Arbeitsweise des Cross-Field-Verfahrens

Schon vor vielen Jahren ist vorgeschlagen worden, bei der Tonbandaufzeichnung die Vormagnetisierung vom Sprechkopf zu trennen. Die genauere Untersuchung der Magnetisierungsverhältnisse an der ablaufenden Kante des Kopfes zeigt nämlich, daß das magnetische Feld der kräftigen Vormagnetisierungsfrequenz tiefer in die Magnetschicht des Bandes eindringt und auch breiter ist als das der aufzuzeichnenden Nutzfrequenz. Dadurch wird ein Teil der gewollten Aufzeichnung wieder gelöscht. Die Löschung betrifft vor allem die hohen Frequenzen, deren Aufzeichnung besonders wichtig ist. Im übrigen wird diese Löschung um so wirksamer, je schwächer das mit der Dynamik schwankende Nutzsignal gerade ist. Da man den Vorteil der Hochfrequenz-Vormagnetisierung aber nicht aufgeben konnte, mußte zur Vermeidung dieses Nachteils ein weiterer Kopf für die Vormagnetisierung, dessen Feld das Band von der Rückseite her durchdringt, angeordnet werden: der Cross-Field-Kopf.

Stereo-Aufzeichnung im Halb- und Viertelspurverfahren





Vormagnetisierung und Aufzeichnung müssen praktisch gleichzeitig erfolgen. Für das Gelingen des Verfahrens ist die genaue Abgrenzung der beiden Magnetfelder entscheidend. Deshalb ist eine sehr genaue Lage des Cross-Field-Kopfspalts sowohl gegenüber dem Band wie auch gegenüber dem Spalt des Sprechkopfes erforderlich. Leider muß der neue Kopf auch noch beweglich sein. Er ist — genau wie die Gummiandruckrolle — erst nach dem Einlegen des Bandes zu dessen Start herauszuschwenken. In seiner Endstellung muß dann der Kopfspalt — bezogen auf die Bandlaufrichtung — dicht vor dem Spalt des Sprechkopfes liegen, und zwar genau so weit entfernt, daß das Vormagnetisierungsfeld das Aufzeichnungsfeld an der ablaufenden Kante des Aufzeichnungsspalts gerade nicht mehr stört.

Bei einwandfreiem Funktionieren ist das Ergebnis frappierend. Es lassen sich damit bei einer Bandgeschwindigkeit von 4,75 Zentimetern in der Sekunde Frequenzen bis 15000 Hertz aufzeichnen (gegenüber sonst 10000 Hertz).

Da man bei den höheren Bandgeschwindigkeiten auch nach der bisherigen Methode der Vormagnetisierung genügend hohe Frequenzen aufzeichnen kann, kommt der Vorteil des Cross-Field-Verfahrens vor allem bei den niedrigeren Bandgeschwindigkeiten zur Geltung.

Genau an diesem Punkt taucht jedoch eine neue Schwierigkeit auf. Je geringer die Bandgeschwindigkeit gewählt wird, um so schlechter wird der Gleichlauf des Bandes. Von einem absolut gleichmäßigen Bandtransport hängt aber die Brauchbarkeit einer Tonbandaufzeichnung ebenso ab wie die Schallplattenwiedergabe von der gleichmäßigen Umdrehung des Plattentellers. Tonbandgeräte, die das Cross-Field-Verfahren benutzen, müssen eine weit bessere Mechanik aufweisen, als sie bei den zur Zeit beliebten Preisen möglich ist. Solche Geräte werden demnach wesentlich teurer.

Wie funktioniert der Rundfunk?

Das beliebig wählbare Programm hatte begreiflicherweise am meisten dazu beigetragen, daß die Schallplatte den Rundfunk zur Seite drängen konnte. Auf der anderen Seite war er als Instrument der Information auch dem um das Bild bereicherten Funk, sprich: Fernsehen, bei weitem unterlegen. Aktualität und Qualität der Wiedergabe hätten dem Rundfunk einen Platz erhalten können, wenn der gewohnte Mittelwellenrundfunk nicht durch Überfüllung mit Sendern und durch allzu große Störanfälligkeit immer unbrauchbarer geworden wäre.
In puncto Qualität erfuhr der Rundfunk eine spürbare Aufwertung durch den Übergang auf ein neues System, das mit der Frequenzmodulation ultrakurzer Wellen, allgemein bekannt als UKW-Rundfunk, eine außerordentliche Verbesserung der Übertragungsqualität brachte. Der Frequenzbereich konnte bis auf 15 000 Hertz erweitert, der Klirrgrad von 4 bis 5 auf 1 Prozent herabgesetzt und das alle Feinheiten überdeckende Grundgeräusch praktisch vollkommen unterdrückt werden. Dazu kam noch die Möglichkeit, im Empfänger die Mehrzahl elektrischer Störungen zu beseitigen. Setzte der Hörer nicht seinen Ehrgeiz in den Empfang allzu weit entfernter Sender, so erlebte er mit dem UKW-Rundfunk eine bisher unbekannte Reinheit des Empfangs und eine Übertragungsqualität, die selbst die leisesten Partien äußerst lebendig wiedergab. Dank der UKW-Qualität geriet der Rundfunk denn auch in den Interessenbereich der High-Fidelity-Wiedergabe.
Da für Schallplatte und Tonband bereits eine vollständige Wiedergabeanlage vorhanden war, konnte der Empfänger auf die Verstärkerendstufen und Lautsprecher verzichten. Übrigblieb ein reiner Hochfrequenzempfangsteil, der sich als Tuner (Abstimmgerät) zuerst in den USA durchsetzte.
Es sollte nicht allzu lange dauern, bis dem Rundfunk auch das jüngste Kind der Wiedergabetechnik erschlossen wurde — die Stereofonie.
Die ersten Versuche zur Übertragung der beiden Stereokanäle wurden bereits 1926 mit Hilfe zweier Rundfunksender durchgeführt. Doch ließen sich auf diesem Wege keine befriedigenden Resultate erzielen. Erst im Jahre 1958 war die Entwicklung so weit fortgeschritten, daß in den USA die verschiedenen Möglichkeiten des Stereorundfunks über einen einzigen Sender ernsthaft untersucht werden konnten. Ergebnis: das Pilotton-Verfahren.

Die Technik des Rundfunks beruht auf der Existenz elektrischer Wellen. Das sind im Gegensatz zu den mechanischen Schwingungen des Schalls periodisch verlaufende elektrische Zustandsänderungen, bei denen Größe und Richtung eines elektrischen Energieflusses ständig wechseln.
Bei der Wechselspannung erhält beispielsweise ein bestimmter Punkt in einem metallischen Leiter abwechselnd ein positives und ein negatives Potential (= Spannung). Zeichnet man An- und Abstieg des Potentials in Abhängigkeit von der Zeit in einem Diagramm auf, bekommt man die gleiche Sinuslinie, die wir schon bei den Schallschwingungen kennengelernt haben. Die Zustandsänderungen werden deshalb auch als Schwingungen, aber diesmal als elektrische Schwingungen, bezeichnet. Mit ihnen ist bei dem Phänomen der Elektrizität zugleich noch eine Wirkung verbunden, die in der näheren Umgebung eines Leiters festzustellen ist und die eine magnetische und eine elektrische Komponente enthält. Den Bereich dieser Wirkung nennt der Wissenschaftler ein Feld, in unserem Fall ein elektromagnetisches.
Elektrische Schwingungen können wir genauso wie alle übrigen periodischen Bewegungen behandeln. Sie sind also durch eine Amplitude und eine Frequenz gekennzeichnet. Der Frequenz entspricht eine Wellenlänge. Diese wird durch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen Energie von 300 000 000 Metern in der Sekunde bestimmt, und zwar durch die Gleichung:

$$\text{Wellenlänge} = \frac{300\,000\,000}{\text{Frequenz}}$$

Dabei wird die Wellenlänge in Metern und die Frequenz in Hertz angegeben.
Wie ein mechanisch schwingungsfähiges Gebilde, so hat auch ein elektrisches eine bevorzugte Schwingungszahl: seine Eigenfrequenz, die durch zwei elektrische Größen — die Kapazität (C) und die Selbstinduktion (L) — bestimmt wird. Erstere ist für das elektrische Feld verantwortlich und kann als elektrisches Fassungsvermögen bezeichnet werden. Letzere verursacht das magnetische Feld und äußert sich als (induktiver) Widerstand. Mit der Änderung einer dieser beiden Größen kann also auch die Eigenfrequenz eines Leiters oder — wie man genauer sagen muß — eines Schwingkreises verändert werden. Dies ist für die Technik des Rundfunks von ausschlaggebender Bedeutung. Es gibt nämlich bei elektrischen Schwingungen auch die vom Schall her bekannte Erscheinung der Resonanz, die die Schwingung von einem System zum anderen überträgt.
Bei elektrischen Schwingungen hoher Frequenz löst sich gewissermaßen das elektromagnetische Feld von dem schwingenden System und breitet sich frei im Raume aus, wobei es zur Fortpflanzung — im Gegensatz zum Schall — keines materiellen Mediums bedarf. Trifft die Schwingung auf ein

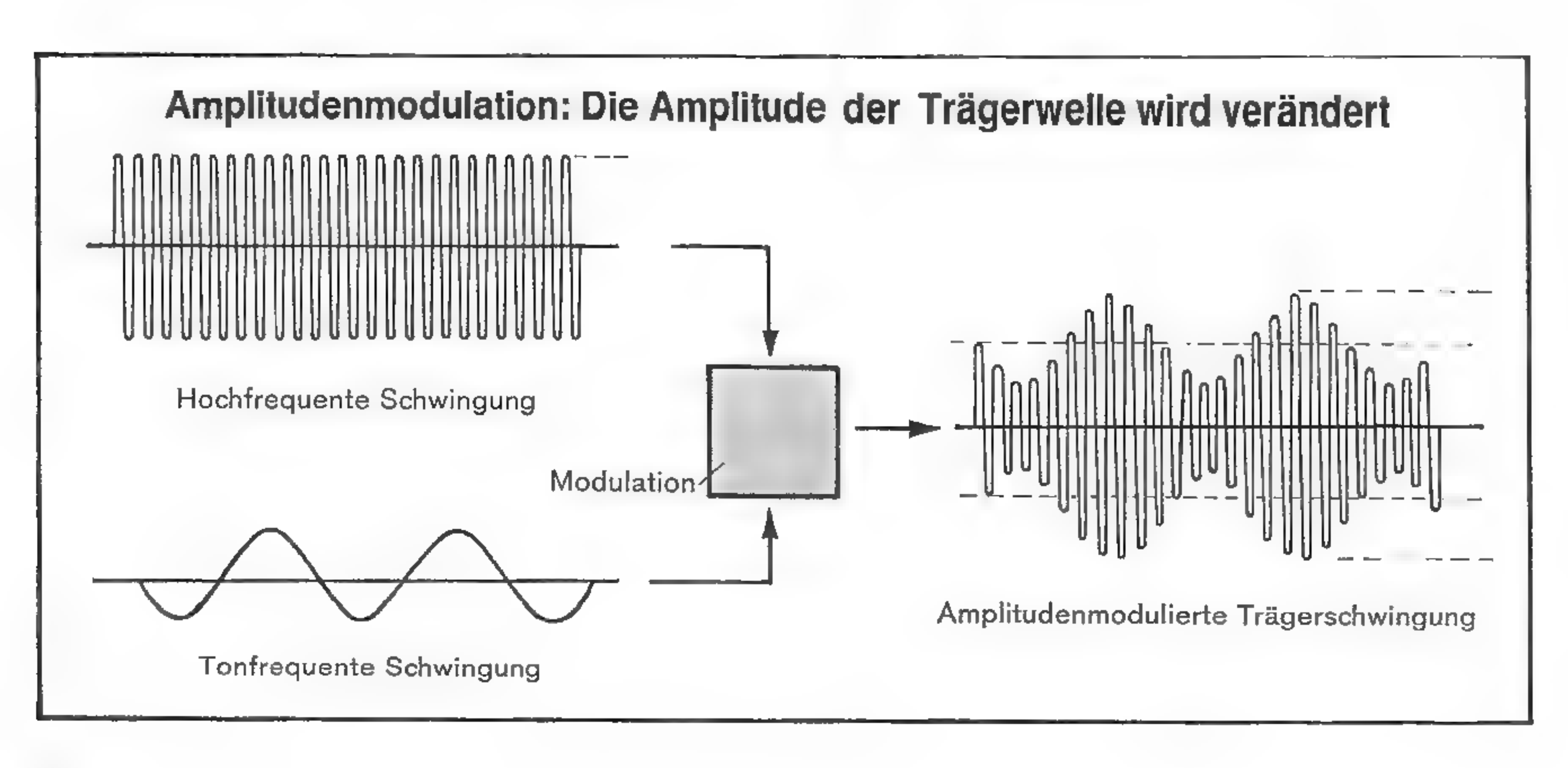
anderes elektrisch schwingungsfähiges System, so regt sie dieses ebenfalls zu Schwingungen an. Falls dessen Kapazitäts- und Selbstinduktionswerte zusammen die gleiche Frequenz ergeben, besteht zwischen dem energieabgebenden und dem energieaufnehmenden System Resonanz mit der Folge, daß das zweite System zu Schwingungen gleicher Frequenz mit höchstmöglicher Amplitude angeregt wird.

Die in den Raum reichenden Teile der schwingenden Systeme heißen Antennen, die Herstellung der Resonanz ist die Abstimmung. Je nach der von der Senderantenne abgestrahlten Energie und der Entfernung befindet sich die Empfangsantenne in einem Gebiet bestimmter Feldstärke, die darin eine entsprechende Antennenspannung erzeugt.

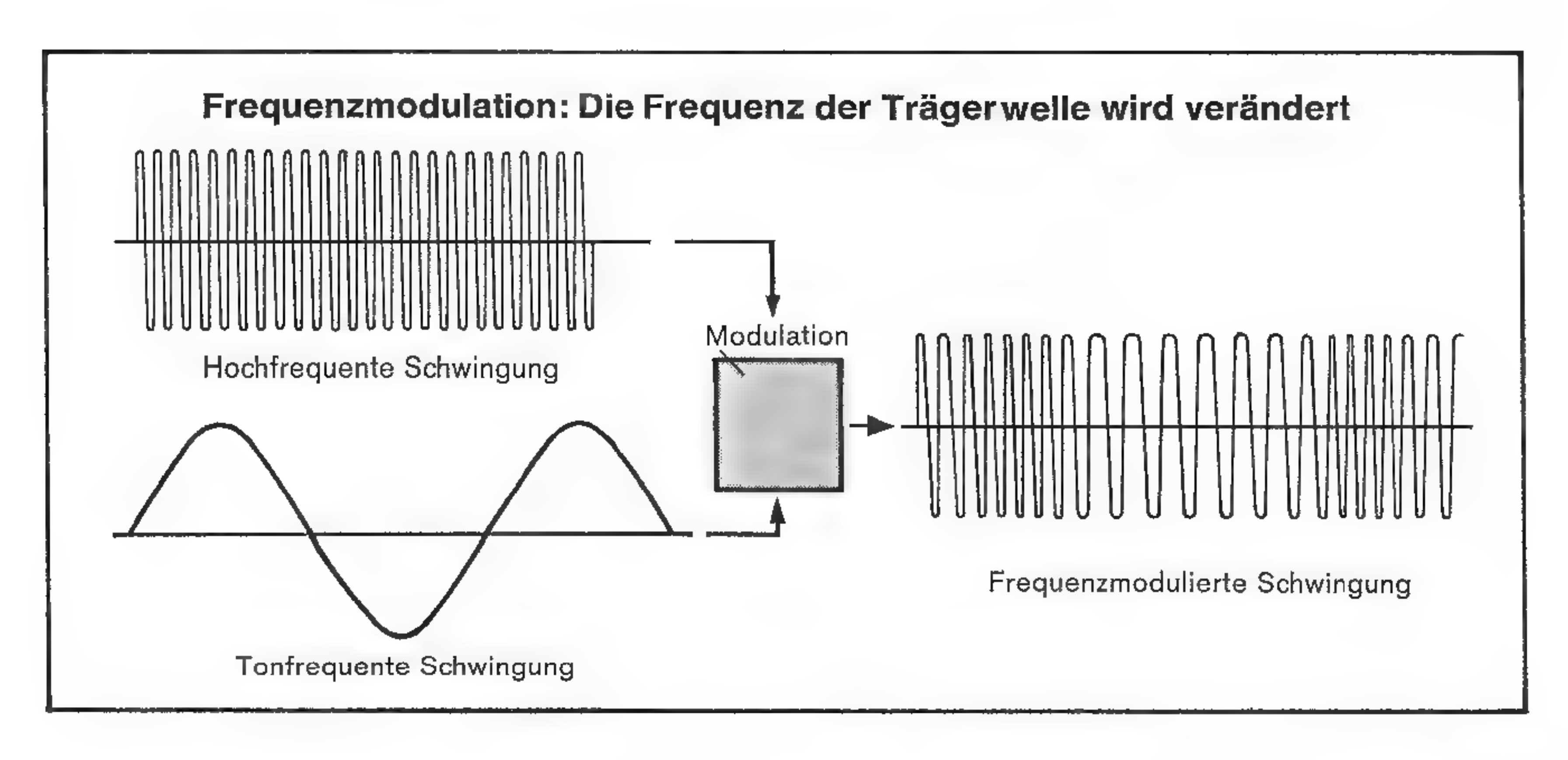
Dem einmaligen Schallstoß, den wir als Knall empfinden, entspricht eine einmal angestoßene und rasch abklingende (gedämpfte) Schwingung. Durch ständige Energiezufuhr bei einer schwingenden Geigensaite mit dem Bogen oder bei der schwingenden Luftsäule der Flöte mit dem Anblasen entstehen in ihrer Amplitude gleichbleibende (ungedämpfte) Schallschwingungen. In gleicher Weise entstehen ungedämpfte, sinusförmige elektrische Schwingungen durch ständige Zufuhr elektrischer Energie.

Mit derart ungedämpften elektrischen Schwingungen arbeitet der Rundfunk. Grundsätzlich stehen ihm dabei alle nur möglichen Frequenzen zur Verfügung. Diese unterscheiden sich aber sowohl hinsichtlich der mehr oder weniger einfachen Erzeugungsmöglichkeit wie auch im Hinblick auf ihre Ausbreitungsfähigkeit und Störanfälligkeit.

Da im Funkverkehr noch eine große Zahl von Nachrichtenübermittlungen und anderen Diensten abzuwickeln ist, stehen im Frequenzbereich von etwa 30 Kilohertz bis 30 000 Megahertz (Wellenlängen von 10 000 m bis 1 cm)



nur kleine Ausschnitte für den Rundfunk zur Verfügung: Langwellen: 2000 ... 1000 m, 150 ... 300 kHz; Mittelwellen: 600 ... 200 m, 500 ... 1500 kHz; Kurzwellen: 100 ... 10 m, 3 ... 30 MHz; Ultrakurzwellen: 10 ... 1 m, 30 ... 300 MHz. Bei diesen Ausschnitten ist wiederum nach möglichen oder zugelassenen Übertragungsfrequenzbereichen zu unterscheiden. Der für Langwellen vorgesehene Frequenzbereich von 40 bis 4500 Hertz kann nach oben bis etwa 10 000 Hertz überschritten werden. Im Mittelwellenbereich liegt die obere Grenze bei 12 000 und im Ultrakurzwellenbereich bei 15 000 Hertz. Die Kurzwelle ist für Weitverkehr günstiger, ihre Übertragungsgüte aber schwankend. Die hochfrequenten ungedämpften Schwingungen selbst stellen noch keine Übertragung von Nachrichteninformationen dar. Auch Musikdarbietungen sind nichts anderes. Sie sind nur die Träger solcher Informationen, die als tonfrequente Schwingungen ja nicht ohne materielle Verbindungen über weite Entfernungen und beliebig im Raum verbreitet werden können. Lediglich die Hochfrequenzen stellen eine solche Verbindungsmöglichkeit her; man muß ihnen also die Informationen 'aufladen'. Diese Übernahme wird als Modulation bezeichnet. Ihr steht am Empfangsort die Demodulation zur Wiedergewinnung ihrer 'Fracht' gegenüber.
Zur Modulation müssen an den ungedämpften hochfrequenten Schwingungen gewisse Veränderungen vorgenommen werden, die dann bis zum Empfangsort erhalten bleiben. Geschehen solche Veränderungen genau im Takte der zu übermittelnden Tonfrequenzen, so wie wir sie beispielsweise aus den Schlangenwindungen der Schallplatte oder den Magnetisierungsschwankungen des Tonbandes ablesen können, dann hat die Trägerfrequenz die Modulationsfrequenz übernommen und transportiert sie überall dorthin, wo ein geeigneter Empfänger aufgestellt ist.



Veränderungen solcher Art können nun auf zwei verschiedenen Wegen vorgenommen werden. Man kann zum Beispiel die Amplitude einer gleichbleibenden Trägerfrequenz im Takte der Tonfrequenzen ändern. Bei der Amplitudenmodulation (AM) erscheinen die Tonfrequenzen der Hochfrequenz gewissermaßen als Niederfrequenz überlagert, was bei der Betrachtung einer Kurvendarstellung des Vorganges bildhaft deutlich wird.
Genaugenommen entstehen bei der Modulation der Trägerwelle mit einer Tonfrequenz neue Frequenzen: die Summe und die Differenz der Träger- und der Modulationsfrequenz. Deshalb zeigt das Diagramm zu beiden Seiten des Trägers zwei neue Frequenzen, die zusammen mit diesem Sender ausgestrahlt werden.
Da aber in der Praxis die Modulation nicht mit einer einzigen, sondern mit einer großen Zahl von Tonfrequenzen gleichzeitig erfolgt, entstehen nicht nur zwei, sondern sehr viele neue Frequenzen, die dann als Seitenbänder bezeichnet werden. Ihre Breite hängt von den übertragenen Tonfrequenzen ab, sie bestimmt auch den zur störungsfreien Übertragung notwendigen Frequenzabstand benachbarter Sender (benachbart bedeutet hier: im Wellenbereich und nicht etwa im Raum). Jetzt verstehen wir auch, warum im Mittelwellenbereich der Empfang so schlecht ist: Die Skala ist hier zu dicht besetzt, die Frequenzen der Sender liegen einander zu nahe.
Die Demodulation im Empfänger erfolgt durch eine Gleichrichtung der modulierten Hochfrequenz. Sie macht aus dem Wechselstrom der Schwingungen einen Gleichstrom, der genau entsprechend der modulierten Senderfrequenz im Takte der Tonfrequenzen schwankt. Diesen Schwankungen kann jetzt eine elektromagnetisch angeregte Membran, zum Beispiel die eines Kopfhörers, folgen. Für den Betrieb der Lautsprechermembranen müssen die niederfrequenten Spannungsschwankungen verstärkt werden.

UKW – die reine Welle

Es gibt auch noch ein anderes Modulationsverfahren für elektromagnetische Wellen. Bekanntlich sind diese außer durch ihre Amplitude noch durch eine bestimmte Frequenz gekennzeichnet. Änderungen dieser Frequenz bleiben ebenso im ganzen Sendebereich erhalten. Werden diese Änderungen nun genauso rasch wie die Folge der Tonfrequenzen vorgenommen, dann werden auch sie mit übertragen. Die Frequenz der Trägerwelle ist nun nicht mehr konstant, sondern schwankt im Rhythmus der Tonschwankungen um ihren ursprünglichen Wert.
Das Verfahren hat als Frequenzmodulation (FM) zu einer außergewöhnlichen Qualitätssteigerung der Rundfunkübertragung geführt, die sie für die High

Fidelity gleichwertig neben die Programmquellen der Schallplatte und des Tonbandes stellt. Dabei ergeben die hohen Frequenzen des Ultrakurzwellenbereiches besondere Vorteile, die mit dem Begriff UKW eine Renaissance des Rundfunks einleiteten.
Bei der Frequenzmodulation bleibt die Amplitude des Senders konstant. Seine Frequenz schwankt durch Verstimmung eines Schwingkreises, wie vorhin erläutert, um einen Mittelwert im Takte der Tonfrequenzen. Wie weit die Schwankung reicht, hängt von der Amplitude der modulierenden Tonfrequenzen ab, sie wirkt bei der Modulation gewissermaßen wie eine Pumpe, weshalb man den Schwankungsbereich auch als Frequenzhub bezeichnet. Sein Wert ist wichtig, da bei wachsendem Frequenzhub die Störungen abnehmen. Er wurde deshalb auf das Fünffache der höchsten zu übertragenden Tonfrequenz festgelegt.
Sein Wert von 75 Kilohertz ergibt bei größter Lautstärke eine Schwankung der Trägerfrequenz von ± 75 Kilohertz, also eine Bandbreite von 150 Kilohertz. Die gegenüber der Amplitudenmodulation in viel größerer Anzahl entstehenden Seitenfrequenzen haben an der Grenze des maximalen Frequenzhubes nur noch sehr geringe Amplituden, weshalb sich benachbarte Sender bei Einhaltung des vorgeschriebenen Senderabstandes nur mehr wenig stören.
Bei dem genannten Frequenzhub lassen sich Frequenzen bis 15 000 Hertz einwandfrei übermitteln. Jeder Rundfunkhörer kennt die damit erreichte Verbesserung der Sprach- und Musikwiedergabe des UKW-Rundfunks.
Dazu kommt noch, daß sich die ultrakurzen Wellen mit steigender Frequenz immer mehr wie Lichtwellen ausbreiten, also geradlinig und nicht der Erdkrümmung folgend, wie es bis zu einem hohen Grade schon die Mittelwellen tun. Theoretisch ist der Empfang nur im Bereich der optischen Sicht möglich. In der Praxis können durch Reflexionen weit höhere Reichweiten entstehen, allerdings gibt es auch Ausbreitungslücken durch Abschirmungen.
Die Eigenart der beschränkten Reichweite bedeutet jedoch auch, daß sich in genügender Entfernung voneinander Sender auf der gleichen Wellenlänge mit verschiedenen Programmen betreiben lassen, ohne einander zu stören. Eine Überfüllung des für den Rundfunk freigegebenen Frequenzbereiches von 87,5 bis 104,0 Megahertz ist demnach nicht notwendig.
Die Frequenzmodulation erlaubt aber noch eine weitere Befreiung von Störungen. Diese treten nämlich meistens als Amplitudenschwankungen auf und umfassen einen breiten Frequenzbereich. Allein schon die Abstimmung auf einen kleinen Frequenzbereich siebt viele Störungen aus. Mit Hilfe einer Amplitudenbegrenzung im Empfänger läßt sich überdies noch der überwiegende Teil der Störungen elegant unterdrücken.



Für den Rundfunk bedeutete das Aufkommen der Stereofonie eine einschneidende Veränderung. Toningenieur und Aufnahmeleiter werden immer mehr zu Regisseuren einer trickreichen Aufnahmetechnik.

Es wird zwar zunächst beim Sender die Amplitude konstant gehalten, aber die Feldstärke schwankt dennoch am Empfangsort durch die stets veränderten Ausbreitungsverhältnisse, was wiederum eine Amplitudenschwankung bedeutet. Auf sie 'aufgesetzt', erscheinen dann noch alle sonstigen Störungen durch atmosphärische Entladungen oder Funkstörungen elektrischer Maschinen und Geräte. Mit einer besonderen Begrenzerschaltung lassen sich alle über einer gewählten Amplitude liegenden Schwankungen abschneiden, so daß wieder eine frequenzmodulierte Schwingung mit konstanter Amplitude erscheint. Alle Störspitzen sind daraus entfernt, der Empfang ist bemerkenswert sauber geworden. Zugleich ergibt sich auch noch eine automatische Lautstärkeregelung auf die gewählte Amplitude.
Die FM-Demodulation ist nicht ganz so einfach wie bei der Amplitudenmodulation. Man muß zuerst aus den Frequenzschwankungen Amplitudenschwankungen machen, was im Prinzip dadurch möglich ist, daß an den Kreis, der mit der zu demodulierenden Frequenz schwingt, ein zweiter Kreis angekoppelt wird, der um einen gewissen Betrag gegenüber dem anderen Kreis verstimmt ist. Beide Kreise stehen also nicht ganz in Resonanz. Diese



Die Dirigenten machen sich die Stereotechnik für verblüffende musikalische Effekte zunutze. So weicht die Aufstellung des Südfunk-Tanzorchesters Erwin Lehn im Studio völlig von der im Konzertsaal ab.

wird je nach den Frequenzschwankungen verbessert oder verschlechtert. Das aber hat wiederum zur Folge, daß von dem ersten Kreis zum zweiten mehr oder weniger Energie übertragen wird, und zwar genau im Takte der Modulation. Das bedeutet eine zusätzliche Amplitudenmodulation im zweiten Kreis, aus der nun durch die übliche Gleichrichtung die modulierende Tonfrequenz gewonnen werden kann. Eine solche Schaltung zur Gewinnung einer Amplitudenmodulation aus frequenzmodulierten Schwingungen heißt Diskriminatorschaltung. Sie ist auf verschiedene Weise zu verwirklichen.
Bei hochwertigen Geräten finden wir das Verfahren des Verhältnisgleichrichters (Ratiodetektor). Es benutzt die frequenzabhängigen Phasenunterschiede der an den verstimmten Kreisen auftretenden Spannungen, die dann als schwankende Richtspannungen über ein entgegengesetzt geschaltetes Gleichrichterpaar so miteinander verglichen werden, daß die Spannungsunterschiede als Tonfrequenz übrigbleiben. Bei diesem Verfahren wirken die Gleichrichter auch noch als Begrenzer. Man begegnet ihm in technischen Erläuterungen unter verschiedenen Bezeichnungen wie Phasendiskriminator, Riegger-Kreis oder Foster-Seeley-Diskriminator.

Wie arbeitet die Rundfunk-Stereofonie?

Für die Technik stereofoner Übertragungen im Rundfunk sind zwei grundsätzliche Forderungen entscheidend:

1. Das Verfahren muß sich in den bisherigen Rundfunkbetrieb einfügen, sender- und empfangsseitig keine übermäßigen Kosten verursachen und die UKW-Qualität halten.
2. Das Verfahren muß kompatibel (= verträglich) sein. Dies bedeutet, daß die Stereosendung von herkömmlichen Geräten in Mono empfangen werden kann und daß die neuen Stereoempfänger zur Aufnahme bisheriger Monosendungen tauglich sind.

Man kann also nicht einfach zwei Kanäle übertragen, von denen einer das linke (L) und der andere das rechte (R) Stereosignal enthält. Ein Monoempfänger würde dabei nur die Hälfte der Gesamtinformation, nämlich L oder R, wiedergeben. Um eine vollwertige Information wie bisher zu liefern, muß ein Kanal die Summe L+R enthalten, denn dies entspricht genau dem, was ein Mikrofon im seitherigen Rundfunkbetrieb aufnimmt.

Sollen mit Hilfe des zweiten übertragenen Kanals die Einzelinformationen L und R der Stereofonie gewonnen werden, muß dieser Kanal die Differenz L—R enthalten. Dann sind nämlich durch Summen- und Differenzbildung der beiden Kanäle die Einzelinformationen L und R wieder zu erhalten:

$$(L + R) + (L - R) = 2\,L$$

$$(L + R) - (L - R) = L + R - L + R = 2\,R$$

Summen und Differenzen elektrischer Spannungen werden mit Hilfe einer Matrix gebildet, deren einfachste Form aus zwei entgegengesetzt geschalteten Transformatoren besteht.

Das von der amerikanischen FCC und der europäischen CCIR akzeptierte Pilotton-Verfahren erfüllt sämtliche Forderungen durch die besondere Art des dabei ausgestrahlten Signals, mit dem ein UKW-Sender auf die bisher übliche Weise frequenzmoduliert wird.

Die Modulationsbreite reicht dabei aber nicht nur von 30 Hertz bis 15 Kilohertz, sondern noch weiter bis 53 Kilohertz.

In diesem Signal sind nun die beiden Stereoinformationen L und R auf besondere Weise enthalten. Der Bereich von 30 bis 15 000 Hertz enthält als Hauptkanal die Summe L+R. Er allein wird von den gewöhnlichen UKW-Empfängern verarbeitet, die so vollwertigen Empfang in Mono liefern.

Im Bereich von 23 bis 53 Kilohertz ist ein Hilfskanal untergebracht, dessen Hilfsträger von 38 Kilohertz — er liegt genau in der Mitte — amplitudenmoduliert wird. Dadurch entstehen — wie bei der Besprechung der Amplitudenmodulation bereits erläutert wurde — zu beiden Seiten der Trägerfrequenz Seitenbänder, die die Modulation enthalten. Moduliert wird jedoch diesmal mit dem Differenzsignal L—R.
Der Stereoempfänger braucht zusätzlich zu den Schaltungen des normalen UKW-Empfängers noch eine weitere Schaltungseinheit, um das von seinem Ratiodetektor gelieferte Stereosignal zu entschlüsseln. Sie heißt Decoder. Gemäß dem oben genannten Kunstgriff werden im Stereodecoder nach der Demodulation des Hauptkanals L+R und des Hilfskanals L—R in einer Matrix von beiden die Summe und die Differenz gebildet und die Stereoinformationen L und R einzeln gewonnen.
Im Hf-Stereosignal finden wir noch den sogenannten Pilotton von 19 Kilohertz, der dem Verfahren den Namen gegeben hat. Er liegt in einer kleinen Lücke zwischen dem Haupt- und dem Hilfskanal.
Der Pilotton dient einerseits dazu, im Stereoempfänger das Vorhandensein einer Stereosendung anzuzeigen, wobei sowohl eine Anzeigevorrichtung (Lämpchen, Farbsignal) betätigt wie auch auf Stereo umgeschaltet wird.
Andererseits liefert er nach seiner Verdoppelung den zur Demodulation des Hilfskanals notwendigen 38-kHz-Träger, der bei der Sendung durch ein Filter unterdrückt werden mußte, um den Frequenzhub des Hauptträgers nicht unnötig in Anspruch zu nehmen.
Das Stereosignal wird auch allgemein Multiplexsignal genannt. Gebräuchlich sind ferner zwei verschiedene Bezeichnungen, die die Methode angeben, nach der das Signal vom Sender aus den Stereoinformationen L und R gewonnen wird. Werden die Summe und die Differenz in einer Matrix gebildet, erhält man ein Frequenzmultiplexsignal.
Ein Stereosignal liefert aber auch die Möglichkeit, die Informationen L und R abwechselnd auf den Träger zu schalten. Benutzt man als Taktgeber für die Umschaltung die Frequenz von 38 kHz, so kann das Ohr die Umschaltung nicht mehr hören. Das Stereosignal erhält dabei aber genau die gleiche Form wie bei der Frequenzmultiplexmethode. Entsprechend seiner Entstehung wird es aber nun als Zeitmultiplexsignal bezeichnet.
Gleichermaßen kann die Decodierung nach verschiedenen Methoden durchgeführt werden. Außer dem Matrixdecoder ist noch ein nach dem Schaltverfahren arbeitender Zeitmultiplexdecoder möglich und als Kombination beider Verfahren die Hüllkurven-Spitzengleichrichtung, die auch direkte Demodulation oder Zweiweggleichrichtung genannt wird.
Vom einwandfreien Funktionieren des Decoders hängt die Kanaltrennung,

das heißt: die vollständige Isolierung der Links- und Rechtsinformationen, ab. Diese wiederum bestimmt die Deutlichkeit des Stereoeffektes. Weiterhin ist der Decoder für einen möglichst geringen Klirrgrad verantwortlich.
Vielfach taucht die Frage auf, ob sich ein UKW-Empfänger nicht durch Hinzufügen eines Decoders in einen Stereoempfänger umwandeln läßt. Dies ist leider normalerweise nicht möglich.
Zum Verständnis sei kurz auf die Zusammensetzung eines Rundfunkempfängers aus einzelnen Baugruppen eingegangen: Das bis auf seltene Ausnahmen allgemein gültige Bauprinzip ist das des Superheterodyne-Empfängers, abgekürzt als Super bekannt. In seinem Abstimmteil befindet sich außer dem auf den Sender abzustimmenden Kreis noch ein Oszillator, der eine variable Frequenz erzeugt, die, mit der Senderfrequenz vermischt, jeweils die gleiche Zwischenfrequenz (Zf) ergibt. Deshalb wird ein solcher Empfänger auch Überlagerungsempfänger genannt.
Die Zwischenfrequenz wird dann in einem Verstärker sehr hoch verstärkt. Dieser ist dabei nur auf die eine Frequenz fest abgestimmt, die nur mit ihrer Modulationsbreite durchgelassen wird. Das Verfahren sichert nicht nur eine hohe Reichweite durch die mögliche hohe Verstärkung, sondern auch eine sehr gute Trennschärfe.
Auf den Zf-Verstärker folgen noch der Demodulator und ein Niederfrequenzverstärker, um die für den Betrieb von Lautsprechern notwendige Energie zu liefern.
UKW-Empfänger werden nach dem gleichen Prinzip gebaut. Lediglich ihr Demodulator ist anders geschaltet. Die Durchlaßbreite ihres Zf-Verstärkers ist dem monauralen Sendersignal mit seiner Modulationsbreite von 15 Kilohertz angepaßt. Allerdings muß sie noch den Frequenzhub berücksichtigen, so daß sich eine Bandbreite von insgesamt 180 Kilohertz ergibt.
Das Stereosignal ist jedoch durch die erhöhte Modulationsfrequenz von 53 Kilohertz gekennzeichnet. Mit dem Frequenzhub verlangt das eine Bandbreite von 256 Kilohertz, die in der Praxis wegen der Amplitudenbegrenzung auf 160 bis 200 Kilohertz verringert werden kann. Dafür reicht aber die Bandbreite bisheriger UKW-Empfänger nicht mehr aus, da auch deren theoretische Zf-Bandbreite wegen der Amplitudenbegrenzung auf einen praktischen Wert von 150 Kilohertz verringert wurde.
Dazu werden beim Stereosignal noch erhöhte Anforderungen an die Form der Zf-Durchlaßkurve gestellt. Auch der Ratiodetektor muß eine ausreichende Bandbreite und eine besondere Symmetrie der Durchlaßkurve aufweisen. Aus diesen und einigen weiteren, für diese Darstellung zu komplizierten Gründen muß ein Stereoempfänger in seiner Bauart vom Monoempfänger älteren Herstellungsdatums abweichen.

HiFi-Geräte sind keine Massenware

Die Erklärung hierfür ist sehr einleuchtend: Der zunächst nur geringe Bedarf lohnte kaum große Serien. Zudem verlief die technische Entwicklung so stürmisch, daß nur verhältnismäßig kleine Herstellerbetriebe wendig genug waren, ihr zu folgen. Sie konnten sich auf jeweils wenige Erzeugnisse konzentrieren, die sie aber bald zu respektablen Leistungen hochzüchteten. In dieser Produktionsmethode liegt einer der Gründe, warum die ganze HiFi-Technik dem Musikliebhaber nicht komplette Anlagen, sondern einzelne Bausteine zu bieten hatte. Ein weiterer Grund ist beim Verbraucher zu suchen. Die High Fidelity ermöglicht, zwei weit auseinanderliegende Liebhabereien miteinander zu verbinden. Die Freude an der Musik und das technische Hobby hochwertiger Schallplattenwiedergabe gehen hier eine bemerkenswerte Verbindung ein, die schließlich private Studios entstehen läßt, die zugleich Musikzimmer, Schallplattenarchive und elektroakustische Laboratorien darstellen. Deren Geräteausstattung muß rasch der technischen Entwicklung folgen können und ebenso beweglich sein in der Erprobung räumlicher Wiedergabebedingungen. Viele spätere Produzenten von HiFi-Geräten waren anfänglich nichts anderes als ständig experimentierende Amateure. Die besten Fachleute auf diesem Gebiet stammen aus der Sphäre privater Liebhaberei. Das Interesse aller galt immer der besten erreichbaren Wiedergabequalität, wobei das Wort erreichbar durchaus auch im Sinne der jeweils verschiedenen finanziellen Möglichkeiten zu verstehen ist. In dieser Einstellung bedeutet die technische Substanz eines jeden Gerätes alles. Gehäuse sind weniger wichtig; sie kosten höchstens zusätzliches Geld. Außerdem gibt das technische Aussehen noch einen eigenen Reiz, der mehr wiegt als die Politur wertvoller Hölzer.

So war es selbstverständlich, daß sich der Inhalt der seitherigen Musiktruhen in seine Bestandteile auflöste, die dann, technisch vervollkommnet, jeder für sich zu Bausteinen wurden und zusammenzuschalten waren. Auf diese Weise entstanden auf Zargen montierte Plattenspieler, in Metallgehäuse eingebaute Verstärker und Lautsprecherboxen als erste Ausrüstung. Das Tonbandgerät sicherte sich rasch seinen Platz daneben und schließlich auch ein Rundfunkempfänger, der als Tuner auf den Niederfrequenzverstärkerteil und Lautsprecher verzichten konnte, weil diese ja schon zur Wiedergabe der Schallplatten in der Anlage vorhanden sein mußten.

Alle diese Bausteine können im Raum an dem Ort aufgestellt werden, der ihrer Funktion am besten entspricht. Entscheiden die Bequemlichkeit der Unterbringung und die Notwendigkeit der Bedienung bei den meisten Bausteinen die Wahl des Platzes, so verlangen die Lautsprecher eine Berücksichtigung der akustischen Verhältnisse des Raumes. Sie sollen ja den Klang produzieren, um den es überhaupt geht. Da müssen zuweilen Fragen der Innenarchitektur oder der Gewohnheit zurücktreten.

In den vergangenen Jahren hat sich die Technik weitgehend konsolidiert. Das heißt, daß es heute für jeden Baustein eine ganze Anzahl von Typen gibt, die ausgereift sind. Standardanforderungen werden bei Einhaltung der DIN-Normen für High Fidelity auch mit weniger komfortablen Geräten zufriedengestellt. Das gibt vielen Musikfreunden Gelegenheit, zunächst einmal mit geringeren Mitteln eine voll befriedigende Wiedergabe zu erreichen und erst im Laufe der Zeit jene Superanlage zu erhalten, von der ein richtiger HiFi-Fan träumt.

Der Austausch von Bausteinen gegen modernere oder bessere Geräte führt automatisch zu der Frage, was eigentlich zueinander paßt. Auch der Käufer, der sich ohne spätere Austauschabsichten eine Anlage aus dem heute schon überreichen Angebot aufbauen will, steht vor der gleichen Schwierigkeit.

Welche Bausteine passen zueinander?

Grundsätzlich kann man nahezu alle Bausteine ganz beliebig zusammenstellen. Wenn die Anschlußvorrichtungen, Stecker und Buchsen gleichartig gebaut und richtig geschaltet sind — das anfängliche Durcheinander beginnt allmählich einer Ordnung im Sinne genormter Verbindungen zu weichen —, kann man die Geräte auch unbesorgt zusammenschließen. Einem Verstärker ist es beispielsweise gleichgültig, welchen Typ von Plattenspieler man neben ihm verwendet. Es kommt auch nicht darauf an, ob man das Tonabnehmersystem X oder Y verwendet. Ebenso sieht es am anderen Ende der Anlage aus. Schließt man einen Lautsprecher für eine Leistung von 4 Watt an einen Verstärker an, der 20 Watt liefern kann, dann funktioniert das selbstverständlich auch. Man darf nur dem schwachen Lautsprecher nicht die volle Verstärkerleistung zumuten. Niemand wird ja auch erwarten, in ein kleines Glas den Inhalt einer großen Flasche hineinzubekommen. Beim Füllen der Lautsprecher durch Aufdrehen des Verstärkerhahnes — etwas anderes ist der Lautstärkeregler nicht — wird man schon merken, wann sie überlaufen. Kaum jemand wird so töricht sein, noch weiter aufzudrehen, wenn die Lautsprecher immer häßlicher klirren und scheppern. Im Regelbereich wird es immer eine Stelle geben, wo der Klang gut ist. Wenn andererseits eine Lautsprecherbox

für eine Leistung von 20 Watt konstruiert ist, wird niemand erwarten, mit einem Verstärker von nur 4 Watt seine Qualitäten ausnutzen zu können. Bei einem Versuch wird aber bestimmt kein Schaden angerichtet.
Der Zusammenschluß verschiedener Bausteine stellt also keine technische Unmöglichkeit dar. Man sollte dabei nur überlegen, was sinnvoll ist. Zwei Gesichtspunkte stehen zur Wahl:
Man kann eine Anlage zu einem Preis kaufen, der unter keinen Umständen überschritten werden soll. Oder man wird erst innerhalb eines längeren Zeitraumes den endgültig erwünschten Qualitätsstand erreichen wollen. In jedem Falle möchte man mit der Anlage gleich hören können. Das bedeutet, daß prinzipiell auf keinen Baustein verzichtet werden kann.
Beim Kauf einer kompletten Anlage auf einmal ist eine sehr bedächtige Wahl der Bausteine notwendig. Hier stellt sich die Frage des Zusammenpassens hinsichtlich der optimalen Leistung der Gesamtanlage. Dabei hat es wenig Sinn, einen Baustein so hochwertig zu wählen, daß die anderen seine Qualität gar nicht mehr ausnutzen können. Und es ist ebenso falsch, die hohe Qualität einer Reihe von Bausteinen durch einen geringwertigen unwirksam zu machen. Eine harmonische Qualitätsabstimmung erfordert also gründliche Fachkenntnisse. Um dem Laien zu helfen, haben erfahrene Fachhändler und Fabrikanten fertig zusammengestellte Anlagen in verschiedenen Preisstufen bereitgestellt.
Wer viel Geld ausgeben will, kann fast unbedenklich von allem das teuerste kaufen. Teure Geräte sind meist auch so universell, daß immer eine maximale Leistung zustande kommt. Wenn ein anderer mit der Hälfte des Geldes nahezu das gleiche erreicht, dann hat er ein Optimum seinen Fachkenntnissen zu verdanken sowie der Tatsache, daß bei dem heutigen Stand kaum merkliche und deshalb auch nicht unbedingt notwendige Qualitätssteigerungen nur zu erheblich höheren Preisen geboten werden können.
Wer sich seine Anlage Stück für Stück mit der Zeit zusammenstellt, muß es hinnehmen, zunächst eine unausgeglichene Anlage zu erhalten. Wichtig ist für ihn nur, so zu wählen, daß das an sich schon teuerste Gerät später nicht wieder ausgetauscht werden muß. Es wäre falsch, mit einem kostbaren Tonabnehmersystem und höchstwertigen Lautsprecherboxen zu beginnen. Das Tonabnehmersystem wird schon abgespielt oder technisch überholt sein, ehe die ganze Anlage auf seine Qualitätsstufe gebracht ist. Die Lautsprecherboxen werden auch erst beim Abschluß der Anlage zeigen, was sie eigentlich können und wert sind.
Vorteilhaft ist es, gleich mit dem endgültigen Verstärker und Plattenspieler zu beginnen. Sie werden selbst billige, aber richtig eingebaute Lautsprecher ausgezeichnet klingen lassen. Werden die Lautsprecher später durch beste Er-

zeugnisse ersetzt, kann man sie entweder anderweitig in der Wohnung unterbringen oder beim Selbstbau von Boxen mit verwenden. Nebenbei gesagt: die Lautsprecherbox ist auch der einzige Baustein, der sich leicht im Eigenbau oder mit Hilfe eines Schreiners herstellen läßt und dennoch die Qualität teurer Erzeugnisse erreichen kann. Hier lohnt es sich, das Geld in besten Lautsprecherchassis anzulegen und den hölzernen Kasten billiger zu besorgen.

Was das Tonabnehmersystem betrifft, so wird man am Ende mehrere besitzen: das beste System für die neueren Platten und vielleicht sogar Spezialsysteme für die antiken Platten, von denen man sich nicht trennen will. Nach allen Erfahrungen wird bei der Entwicklung besserer Tonabnehmersysteme der technische Fortschritt noch einige Überraschungen bringen, die es zu erproben lohnt.

Bei der Wahl der Bausteine wird selbstverständlich auch das äußerliche Zusammenpassen eine Rolle spielen. Dem ist heute viel leichter Rechnung zu tragen als noch vor einigen Jahren, denn mit der ausgereiften Technik verringerte sich beispielsweise das Risiko eines Herstellers von Plattenspielern, auch den dazu passenden Verstärker zu liefern. Oft handelt es sich dabei heute lediglich um ein eigenes Gehäuse, in das ein Verstärkerchassis eines Spezialwerkes eingebaut ist, das man auch in anderen Gehäusen findet. Damit ist bewiesen, daß es sich nicht lohnt, einen eigenen Verstärker zu entwickeln; man kann ihn nicht besser machen als der spezialisierte Hersteller.

So ergibt sich zunehmend die Tendenz, komplette Anlagen aus einer Hand zu beziehen. Der Käufer ist dabei aller Schwierigkeiten der Verbindungen und Anpassungen enthoben. Oft wird in den Angeboten auch noch dem Wunsch nach qualitativer Steigerung dadurch Rechnung getragen, daß Tonabnehmersysteme und Lautsprecher verschiedener Gütestufen angeboten werden, unter denen für die Anlage gewählt werden kann.

Während man in den Anfangsjahren der High Fidelity recht ungeniert Baustein neben Baustein in ein Regal oder auf einen Tisch stellte, neigt man heute dazu, die Technik wieder etwas mehr verschwinden zu lassen. Das wird auch dadurch gefördert, daß diese Technik aus dem Experimentierstadium herausgewachsen ist. Heute ist kaum mehr zu befürchten, daß ein Gerät schon nach kurzer Zeit veraltet. Wenn sich an der Technik auch noch manches ändern mag, qualitative Verbesserungen sind im gleichen Preisbereich kaum mehr zu erwarten oder kommen beim Hörer nicht mehr so recht zur Geltung. Aus diesen Gründen lohnt sich der dauerhaftere Einbau der Geräte. Bei Neueinrichtungen und mit einigem Geld lassen sich ideale Lösungen finden — wenn der richtige Fachmann seine Hand mit im Spiel hat.

Wo man die Geräte in einer bereits eingerichteten Wohnung unterzubringen

hat, bietet sich der Zusammenbau aller Geräte — außer den Lautsprechern — in einer Steuertruhe als vorteilhaft an. Es gibt viele Händler, die solche Truhen in größeren Stückzahlen und daher auch zu erträglichen Preisen so weit vorbereitet haben, daß nur noch die richtigen Ausschnitte für die Aufnahme der verschiedenen Gerätetypen herzustellen sind. Selbstverständlich wachsen solche Truhen wieder zu unbequemen Dimensionen an, wenn sich die Gerätewünsche steigern. Kann man Plattenspieler und Verstärker leicht übereinander in schmalen Truhen unterbringen, so verlangen Tuner und Tonbandgeräte schon größere Abmessungen. Es gibt Amateure, die Freude an solchen Studiotruhen haben, auch wenn sie mehrere Meter lang werden und ganze Wandseiten einnehmen.
Gerade für solche Fälle erweist sich eine Fernsteuerung als besondere Annehmlichkeit. Mit ihr lassen sich Verstärker und auch Tonbandgeräte vom Sitzplatz aus bedienen. Es gibt sogar einen Rundfunkempfänger mit Motorelektronik für die Senderwahl über die Fernsteuerung. Eine Fernregelung der Balance für die Stereowiedergabe vom Platz des Hörers aus muß, wenn die Lautsprecherwiedergabe einwandfrei an die Raumverhältnisse angepaßt sein soll, geradezu als die einzige einwandfreie Methode bezeichnet werden.

Röhre oder Transistor — das ist die Frage

Die letzten Jahre haben im elektronischen Teil unserer Geräte erhebliche Veränderungen gebracht. Zuerst wurde die von Hand verlötete Verdrahtung durch gedruckte Leiterplatten ersetzt. Absolut gleichartige und optimale Leitungsführungen, die auch weniger der Gefahr von Herstellungsfehlern ausgesetzt sind, und erhebliche mechanische Stabilität konnten damit erzielt werden. Ganz abgesehen von der verbesserten Ordnung im Gerät und dem verringerten Platzbedarf.
Die konsequente Ergänzung dieser solideren Technik stellt der Übergang von der Röhre zum Transistor dar. Dieser von den Amerikanern als *solid state* (Festkörper) bezeichnete Bauteil macht tatsächlich aus den Schaltungen feste Körper, denen keine mechanische Beanspruchung mehr etwas anhaben kann. Dieses Verfahren erlaubt, alle Bauelemente auf kleinstem Raum zusammenzudrängen.
Wir stehen mitten im Übergang der ganzen Unterhaltungselektronik von der Röhre zum Transistor. Da aber immer noch Röhrengeräte angeboten werden und zahlreiche Hybridschaltungen — teils mit Transistoren, teils mit Röhren bestückt — existieren, mag manchem die Entscheidung schwerfallen.
Viele Schaltungen, besonders die Leistungsendstufen der Verstärker, lassen sich mit Röhren billiger und auf einfachere Weise elektrisch stabil aufbauen.

Transistoren hoher Leistung sind sehr teuer. Bei der Wiedergabe tiefer Frequenzen machen sie noch einige Schwierigkeiten, die nur mit höherem Aufwand zu beherrschen sind. Da sie als Schaltelemente jeweils nur eine Funktion ausüben können — Röhren mit mehreren Funktionen sind seit jeher eine Selbstverständlichkeit —, werden sie in erheblich größerer Zahl gebraucht. Wo 6 bis 8 Röhren ausreichten, sind 20 bis 40 Transistoren keine Seltenheit. Gute Geräte lassen sich demnach mit Röhren immer noch billiger herstellen als mit Transistoren.
Transistoren und Dioden werden aber in rasch wachsenden Stückzahlen verwendet, da diese Halbleiter die ganze Elektrotechnik modernisieren. Große Herstellungsserien und immer weiter vervollkommnete Verfahren machen diese Bauelemente von Jahr zu Jahr billiger, so daß ihre Vorteile um so mehr ins Gewicht fallen. Statt — wie die Röhren — mit Spannungen von mehreren 100 Volt arbeiten Transistoren mit Spannungen um den Bereich von 30 Volt und darunter. Sie brauchen zum Funktionieren auch keine Wärme mehr wie die mit hohen Heizleistungen belasteten Röhren. Der Transistor ist ein kaltes Bauteil; nur die Leistungstransistoren erzeugen Wärme, die mit Kühlblechen abgeführt werden muß.
Der Stromverbrauch des Transistorverstärkers ist nur ein Bruchteil von dem des Röhrenverstärkers; überdies geht er im Leerlauf auf ein Zehntel des Bedarfes bei Vollaussteuerung zurück. Wird damit der Netzanschlußteil des Gerätes bedeutend kleiner, so können mit eisenlosen Endstufenschaltungen auch noch die kostspieligen und verhältnismäßig schweren Ausgangsübertrager eingespart werden.
Geringe Wärmebelastung und niedrige Spannungen im Gerät bringen einen erheblichen Gewinn an Lebensdauer der einzelnen Bauelemente. Die Lebensdauer der Transistoren ist gegenüber den Röhren bedeutend höher. Man kann praktisch noch keine Abnutzungsgrenze nennen. Allerdings ist der Transistor gegen Überlastung und die damit verbundene Überhitzung sehr empfindlich. Das erfordert aber nur in den Verstärkerendstufen besondere Schutzmaßnahmen. Am anderen Ende der Schaltungen, in den Eingangsstufen der Verstärker, bei Vorverstärkern oder bei Tonbandgeräten und in Hochfrequenzstufen der Empfänger hat der Transistor die Röhre absolut geschlagen, nicht zuletzt dank der rauscharmen Typen, die überall dort nicht mehr wegzudenken sind, wo sehr geringe Nutzspannungen durch Störspannungen beeinträchtigt werden können.
Schließlich ist das Transistorgerät mit seiner geringen Wärmeentwicklung auch leichter einzubauen. Für den Benutzer ergibt sich aber noch ein Vorteil, der bei vielen Geräten entscheidend werden kann: die sofortige Startbereitschaft, da die lästige Anheizzeit der Röhren wegfällt.

Plattenspieler – Programmquelle Nr. 1

Dieser Baustein erscheint auf den ersten Blick als ein ganz einfaches mechanisches Gerät. Es hat nichts weiter zu tun, als den Plattenteller mit der darauf liegenden Schallplatte zu drehen, damit deren Rillen unter dem Tonabnehmersystem hindurchgleiten. Die Abtastnadel sitzt auf den beiden Rillenflanken auf und wird durch diese Führung zu Bewegungen gezwungen, die genau dem Verlauf der Rillen entsprechen. Dabei wird das Tonabnehmersystem von einem Tonarm so über der Schallplatte gehalten, daß es mit geringstem Widerstand den Rillenspiralen folgen kann.
Im Plattenspieler werden aber auch die mechanisch aufgezeichneten Schallschwingungen mit ihrem ganzen komplizierten Gefüge der Frequenzen und der Dynamik in elektrische Schwingungen umgesetzt. Von der Präzision dieser Umwandlung hängt die Qualität der Wiedergabe, die Ausnutzung der in der gesamten übrigen Wiedergabekette steckenden Möglichkeiten ab. Was hier schlecht gemacht wird, kommt in millionenfacher Verstärkung am Ende heraus. Die Qualitätsansprüche, die an dieser Stelle erfüllt werden, lohnen sich also.
Eine der ersten Forderungen ist an die Laufgenauigkeit des Plattentellers zu stellen. Wenn etwa ein Ton von 1000 Hertz wiederzugeben ist, dann bedeutet dies, daß ganz genau 1000 Schlangenwindungen in der Sekunde die Abtastspitze passieren müssen und in der folgenden Sekunde wieder die genau gleiche Zahl. Jede Geschwindigkeitsänderung vermindert oder erhöht diese Zahl und damit auch die Höhe des Tones. Tonhöhenschwankungen werden jedoch vom Ohr sehr deutlich erkannt, auch wenn sie sich nicht gleich bis zum Jaulen eines Hundes steigern. Bei der Klavierwiedergabe machen sich schon sehr geringe Abweichungen unangenehm bemerkbar. Dabei ist es entscheidend, wie rasch solche Variationen verlaufen. Eine Abweichung von einem halben Ton zwischen dem Anfang und dem Ende einer Schallplatte wird von den meisten Menschen überhaupt nicht bemerkt. Erst der rasche Wechsel fällt auf und führt zu jener Erscheinung, die im englischen mit *wow* und *flutter* bezeichnet wird.
Unter *wow* versteht man den langsameren Anteil der Schwankungen, hervorgerufen etwa durch Exzentrizitäten des Plattentellers oder der Schallplatte — auch ein Höhenschlag gehört hierzu — oder durch Veränderungen in der Kraftübertragung vom Motor auf den Plattenteller.

Es gibt aber auch noch ganz kurzfristige Veränderungen der Umdrehungszahl, die als Schwingungen im Antriebssystem oder durch Lagerreibung entstehen. Sie werden als *flutter* bezeichnet. Im Oszillografen kann man den *wow* als breiten ungleichmäßigen Wellenzug sichtbar machen, dem der *flutter* als feines Gekräusel überlagert ist. Bei der Wiedergabe macht es den Ton rauh und kratzig.

Am sichersten werden solche Schwankungen mit einem schweren Plattenteller vermieden. Er stellt eine Schwungmasse dar, die, einmal in Bewegung gesetzt, infolge ihrer von der Masse abhängigen Trägheit möglichst lange darin zu verharren sucht.

Der schwere Plattenteller erfordert auch ein recht stabiles Lager und eine möglichst hochglanzpolierte, genaue Lagerachse.

Der einmal in Gang gebrachte schwere Plattenteller verlangt zum Weiterlaufen nur noch wenig Kraft. Deshalb kann der Antriebsmotor ziemlich schwach ausgeführt sein. Damit verringert sich auch sein magnetisches Streufeld, das bei den sehr empfindlichen Tonabnehmersystemen der HiFi-Klasse zu Brummstörungen Anlaß geben kann.

Da der schwere Teller etwas Zeit braucht, bis er seine richtige Drehzahl erreicht, und auch das ganze Antriebssystem zum absolut gleichmäßigen Arbeiten gewissermaßen erst warmlaufen muß, ziehen es viele Amateure vor, den Plattenteller zwischen den Plattenwechseln durchlaufen zu lassen. Mit einigem Geschick beim Abnehmen und Auflegen gelingt das auch.

Der Antriebsmotor ist ein wichtiges Bauelement des Plattenspielers. Als Wechselstrommotor läuft er synchron mit der Netzfrequenz von 50 Hertz, die sehr genau eingehalten wird. Genaues Ausbalanzieren seines Rotors und sorgfältige Lagerung vermeiden Laufunruhen, die noch durch eine weiche Aufhängung des Motors und einen sorgfältig gebauten Übertragungsmechanismus vom Motor auf den Plattenteller vermindert werden. Die hohe Motordrehzahl muß auf die kleine Drehzahl der Schallplatte herabgesetzt werden. Dazu ist ein Stufengetriebe mit Gangschaltung vorhanden. Gummireibräder oder Antriebsriemen dienen dabei der Kraftübertragung und gleichzeitig zur mechanischen Dämpfung der Motorerschütterungen.

Ungleichmäßigkeiten in diesem Antriebssystem (etwa durch Schwingungen, Reibung oder Exzentrizitäten) wirken auf den Plattenteller ein. Die in der Rille laufende Abtastspitze macht sie als Rumpelgeräusche hörbar. Da sie vorwiegend im unteren Frequenzbereich auftreten, werden sie um so deutlicher, je besser die Anlage ist, denn sie darf ja gerade die Bässe nicht vernachlässigen. In schlechten Anlagen stört auch ein rumpelnder Plattenspieler kaum. Gleichlaufschwankungen und Rumpelfreiheit sind in den Prospekten anzugeben, wobei die Gleichlaufschwankungen möglichst auch noch nach *wow*

und *flutter* zu unterscheiden sind. Diese Angaben erfolgen in Prozenten oder Promille. Die kleineren Zahlen bedeuten die bessere Qualität. Rumpelwerte erscheinen als Störabstand des Nutzsignals in Dezibel. Hier erwartet man möglichst hohe Zahlenwerte.
Außer den Störungen, die in seiner Mechanik begründet sind, ist ein Plattenspieler auch äußeren Einflüssen ausgesetzt. Soweit sie nicht durch sichere Aufstellung und stabile Unterlagen bereits ferngehalten werden, können sie noch durch eine federnde Aufhängung des Plattenspielerchassis im Ausschnitt seines Grundbrettes gedämpft werden. Dabei ist man jedoch von der weichen Federung früherer Konstruktionen abgekommen, die das Chassis zu leicht in Schwingungen geraten ließ. Heute wirken richtig gewählte Gummipuffer als Stoßdämpfer. Beim Einbau ist noch darauf zu achten, daß im gleichen Gehäuse keine Lautsprecher untergebracht sind. Sie dienen bekanntlich dazu, mechanische Erschütterungen – in diesem Falle Schallwellen – zu produzieren. Gelangen solche Erschütterungen über das Gehäuse oder durch zu geringe Entfernung von den Lautsprechern auch durch die Luft zum Plattenspieler, schwingt dieser selbstverständlich mit. Wenn auch eine derartige akustische Rückkopplung noch nicht zu heulenden Tönen zu führen braucht, so macht sie sich doch durch unsaubere, wummernde Bässe und unreine Wiedergabe im ganzen bemerkbar. Außer den bisher erwähnten unentbehrlichen mechanischen Details zeigt ein Plattenspieler noch etliche andere, die eher dem Bedienungskomfort als der Qualitätssteigerung dienen. Ob alle vier oder nur die beiden Geschwindigkeiten von $33^1/_3$ und 45 UpM vorgesehen sind, das interessiert nur jene, die auch noch alte Schellackplatten oder die – mit $16^2/_3$ UpM – extrem langsam laufenden Platten besitzen, die sich nicht durchgesetzt haben.

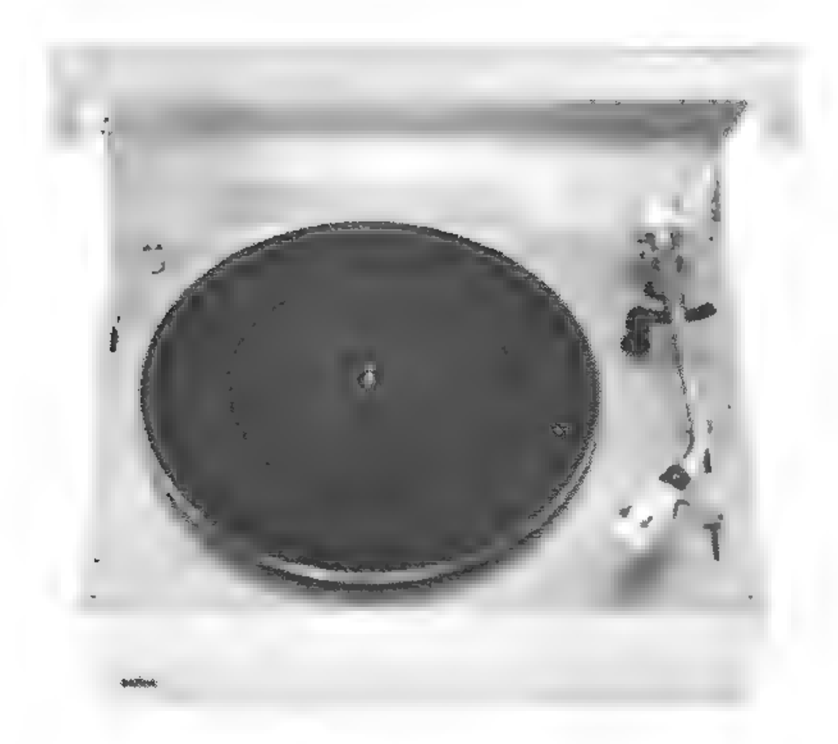
Kleine Hilfen mit großer Wirkung

Die Kontrolle der absoluten Geschwindigkeit ist für jeden wichtig, der seine Musik richtig auf den *Kammerton* a^1 eingestellt hören will. Zu diesem Zweck ist ein Stroboskop vorhanden und eine Feineinstellung der Geschwindigkeit. Das Stroboskop vergleicht die Laufgeschwindigkeit mit der sehr genau eingehaltenen Netzfrequenz von 50 Perioden pro Sekunde. Dazu besitzt es eine gleichmäßig aufgezeichnete Folge von Balken oder Punkten, die von einer eingebauten Glimmlampe oder von einer äußeren, vom Netz gespeisten Lichtquelle beleuchtet wird. Beide – am deutlichsten die Glimmlampe – zeigen Helligkeitsschwankungen als Folge des periodisch wechselnden Stroms. Beleuchten sie die laufende Stroboskopteilung, dann scheinen die Balken oder Punkte stillzustehen, unter der Voraussetzung, daß jeder Dunkelphase der

Plattenspieler

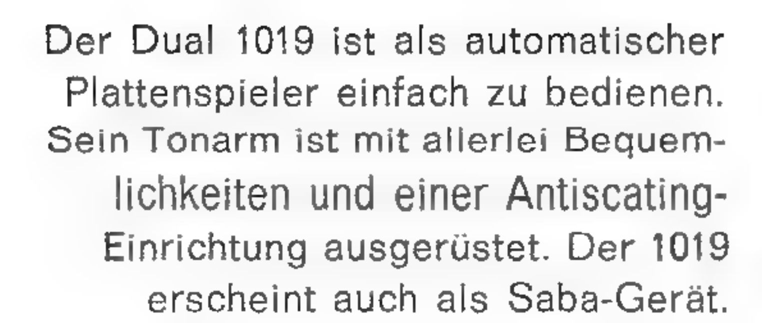
Bang & Olufsen baut den Plattenspieler Beogram 1000, der von Transonic vertrieben wird. Sein kardanisch gelagerter Tonarm ist nur für die B & O-Systeme geeignet.



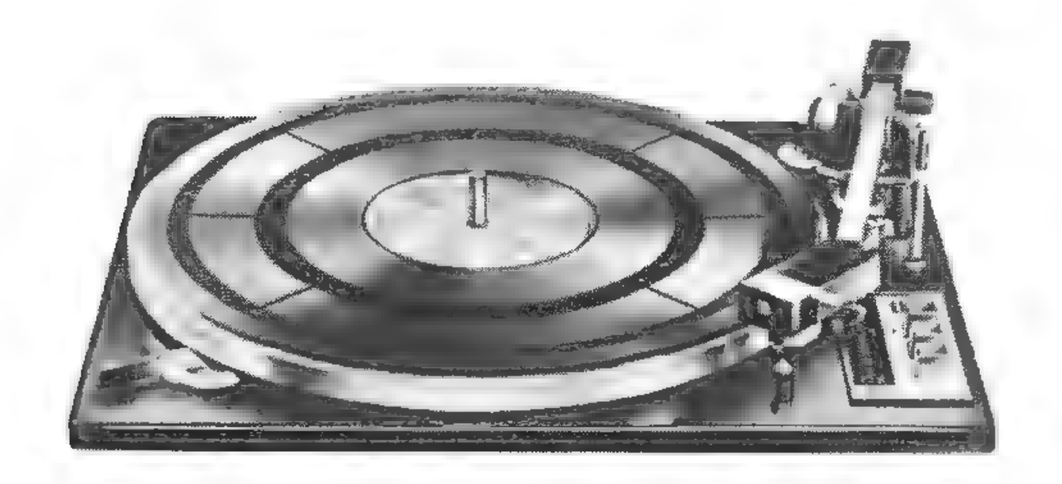


Der PCS 5 von Braun hat einen ausgeklügelten Antriebsmechanismus. Er kann mit eigenem Tonarm oder mit denen von Shure und Shure-SME geliefert werden. Das Studiomodell PS 1000 ist am teuersten.



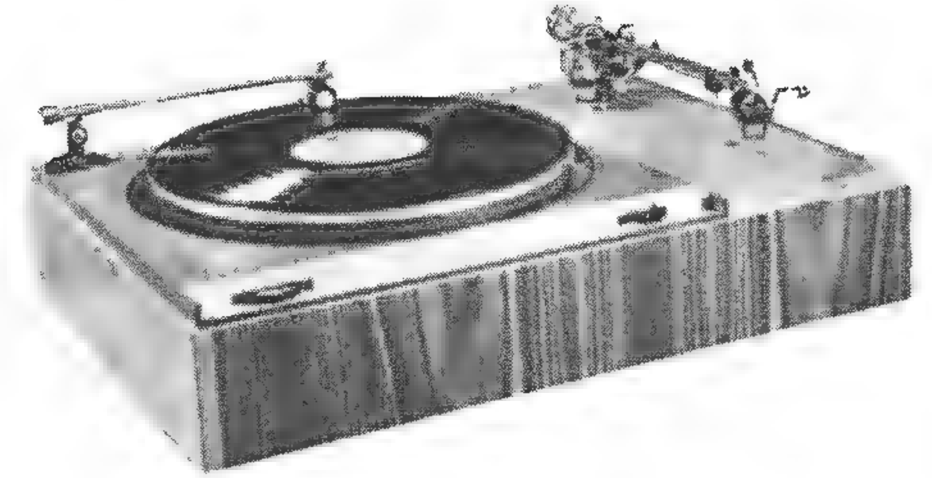


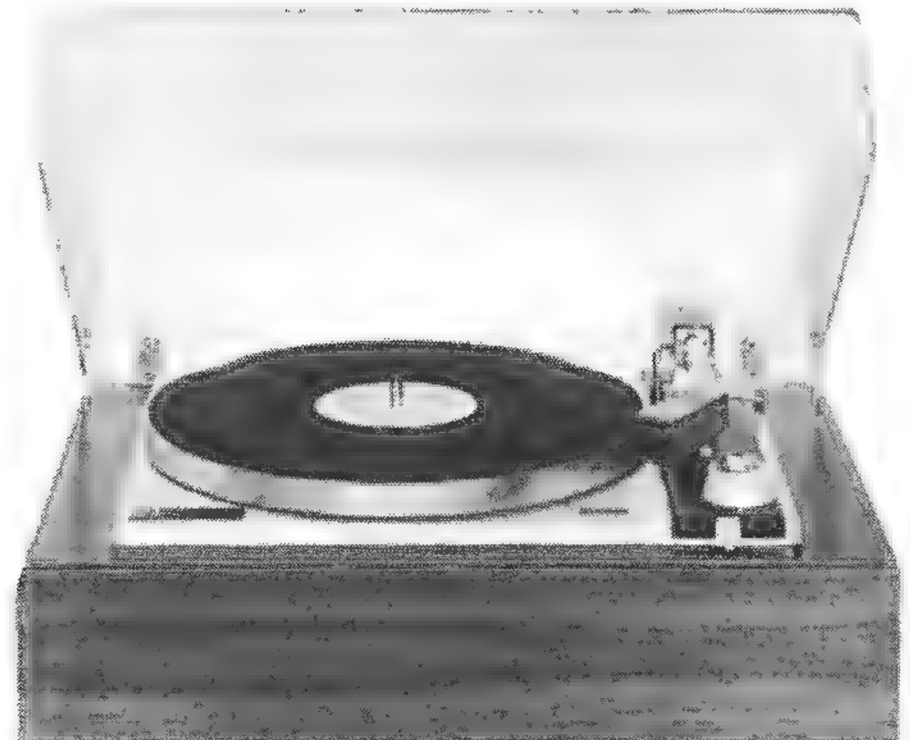
Der Dual 1019 ist als automatischer Plattenspieler einfach zu bedienen. Sein Tonarm ist mit allerlei Bequemlichkeiten und einer Antiscating-Einrichtung ausgerüstet. Der 1019 erscheint auch als Saba-Gerät.



Der Elac-Miraphon 22 H wird auch als Wechsler (Mirocord 50 H) verkauft. Er hat einen fest eingebauten Tonarm und leicht gängige Tasten. Eine Reihe preiswerter Tonabnehmer können ebenso wie fremde Systeme verwendet werden.

Das Sony-Gerät TTS-3000 ist ein reines Laufwerk mit vielpoligem Gleichstrom-Antriebsmotor. Seine Vorzüge: Ruhiger Lauf, Brummfreiheit. Dazu paßt der Tonarm Sony PUA-237, eine Meisterleistung japanischer Kunstfertigkeit.

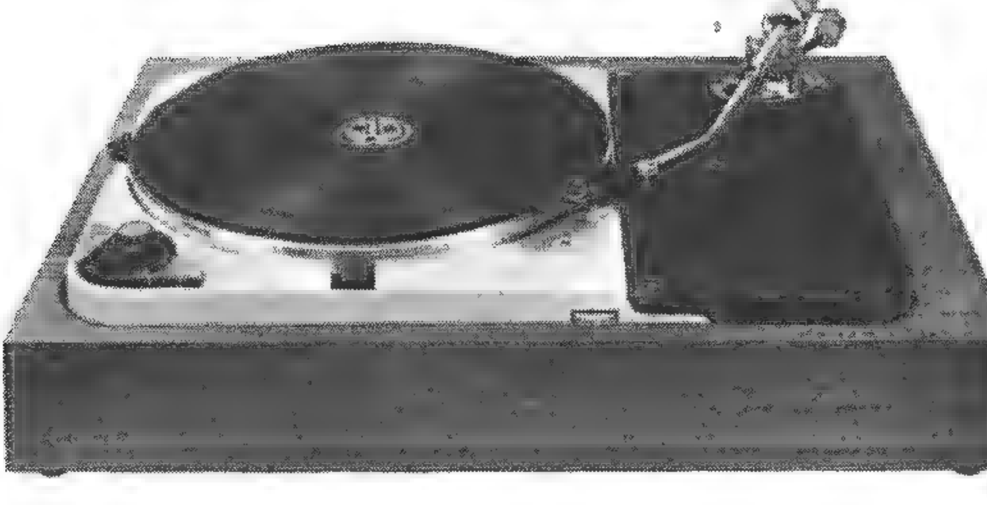




Perpetuum-Ebner liefert den PE 33 studio und den PR 34 HiFi, beide mit eingebauten Tonarmen. Besonders bemerkenswert: Kugellagerung der wichtigsten beweglichen Elemente und die indirekten Bedienungen.



Philips AG 2230 hat ein Laufwerk mit Pesenantrieb. In den Tonarm paßt das dynamische Tonabnehmersystem AG 3407. Für 78er Platten kann ein besonderes System geliefert werden.



Thorens TD 124 II mit dem englischen Tonarm SME ist noch immer das Wunschgerät vieler HiFi-Freunde. Der Wechsler Studiomatic TDW 224 ist eine Klasse für sich.

Lichtquelle ein Weiterwandern um genau eine Teilungseinheit entspricht. Geringste Abweichungen von dieser Sollgeschwindigkeit lassen die Teilung scheinbar vorwärts oder rückwärts wandern. Zur einwandfreien Abtastung der Schallplatte – besonders solcher mit Stereoaufzeichnung – ist es wichtig, daß der Plattenspieler exakt waagerecht steht. Jede Schrägstellung muß zu ungleicher Belastung der beiden Rillenflanken durch die Abtastspitze führen und damit auch zu ungleicher oder verzerrter Wiedergabe. Zur Kontrolle besitzen viele Plattenspieler eine eingebaute Wasserwaage beziehungsweise Dosenlibelle, die auch für sich käuflich sind. Besitzt der Plattenspieler keine Stellschrauben zur Änderung seiner Lage, muß eben das ganze Gehäuse einjustiert werden.
Automatisches Aufsetzen des Tonarmes, Abschalten in der Auslaufrille der Platte, Abheben und Rückführen des Armes auf seine Stütze ergeben den halbautomatischen Plattenspieler. Er ist nicht unbedingt notwendig, bedeutet aber für viele eine große Bedienungserleichterung. Vorrichtungen, die zumindest das Aufsetzen und Abheben des Tonarmes erlauben, ohne daß er also mit der Hand berührt werden muß, sind in jedem Fall empfehlenswert. Vollautomatisches Abspielen besorgt der Wechsler. Bei ihm werden die Tonarmbewegungen mit dem Laufwerk verkoppelt. So löst zum Beispiel der Schwung, den die steilere Spirale der Auslaufrille über die Abtastspitze dem Arm gibt, den Mechanismus des Abhebens aus. Die mit den modernen Abtastsystemen eingeführte geringe Auflagekraft des Tonarmes widerspricht aber solch zwangsläufigen Steuerungen. Deshalb sind einwandfreie und das teure Tonabnehmersystem nicht gefährdende Wechslerkonstruktionen nicht billig herzustellen. Es gibt nur wenige Wechsler, die empfehlenswert sind. Sie können dann aber auch als Halbautomat oder Einzelspieler arbeiten. Im übrigen ist ein vollautomatisches Abspielen ganzer Plattenserien – bei der Langspielplatte mit über 15 Minuten Spielzeit – auf einer Seite kaum mehr notwendig.
Ein kleiner Hinweis für die Benutzung eines Plattenspielers erscheint angebracht: In allen Prospekten liest man, daß Motor und Plattentellerlager selbstschmierend sind. Man darf sich davon aber nicht zu der Annahme verleiten lassen, die dabei verwendeten Sinterlager benötigten überhaupt kein Öl. Sie besitzen nur eine Ölreserve, die in den winzigen Poren des als Lager verwendeten Sintermetalls festgehalten ist. Alle Erfahrungen bestätigen, daß diese Reserve meist nur weniger als ein Jahr reicht. Die Lager trocknen bald aus, der Plattenspieler läuft zuerst lauter und schließlich nicht mehr mit der geforderten Gleichmäßigkeit. Auch Sinterlager muß man von Zeit zu Zeit nachschmieren. Es darf dafür aber nur ein Spezialöl verwendet werden, wenn man das Lager nicht ruinieren will. Welches Öl, das sagt der Hersteller.

Moderne Tonarme gegen Plattenmord

Um das Tonabnehmersystem ohne jede äußere Beeinflussung widerstandslos dem Verlauf der Rillen folgen zu lassen, muß der Tonarm in allen seinen Bewegungsrichtungen vollständig im Gleichgewicht, also ausbalanciert sein. Dazu muß zunächst seine senkrechte Achse in einem Lager hoher Präzision gehalten werden. Der Tonarm darf nach keiner Seite einen Gewichtsüberhang haben. Er würde den Arm bei geneigtem Plattenspieler drehen.

Gleichermaßen reibungslos muß auch die Bewegung um die waagerechte Achse beim Aufsetzen und Abheben des Armes sein. Zugleich sollen beide Lager den Tonarm so festhalten, daß er keine Eigenschwingungen darin ausführen kann.

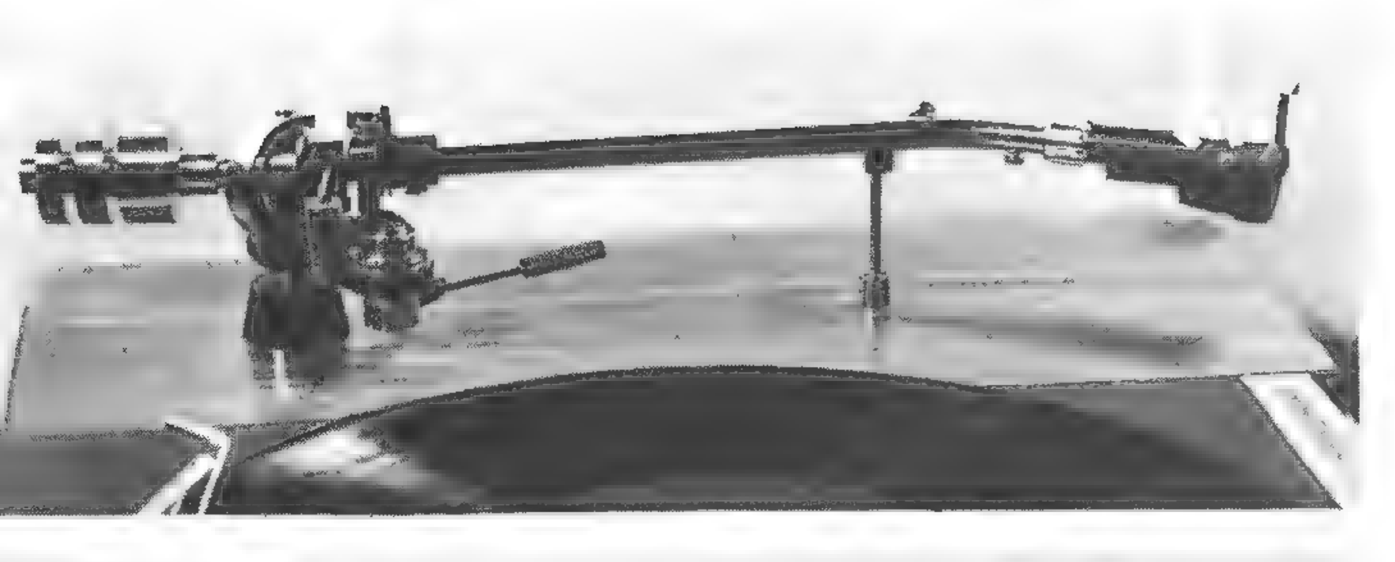
Der Arm selbst muß schwingungssteif konstruiert sein. Dazu verwendet man entweder ein stark dämpfendes Material oder eine Metallröhre, die mit dämpfenden Stoffen gefüllt ist.

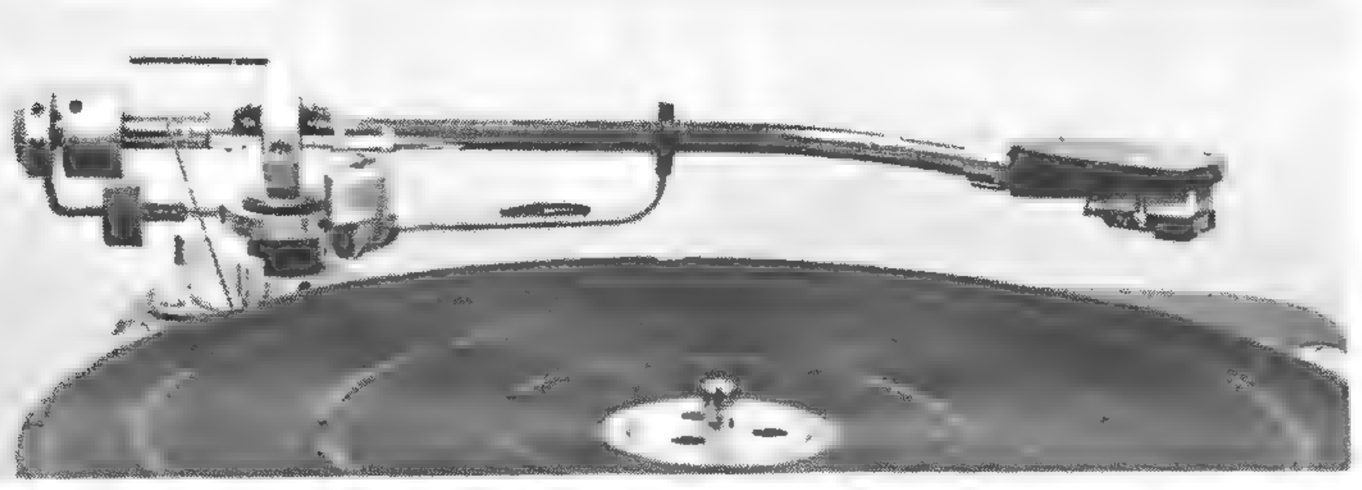
Da die Kraft, mit der die Abtastnadel auf die Schallplattenrille drückt, von entscheidender Bedeutung für die Abspielqualität ist, ist zunächst einmal dafür zu sorgen, daß der Tonarm zusammen mit dem Tonabnehmersystem durch ein Gegengewicht an seinem hinteren Ende vollkommen im Gleichgewicht gehalten wird. Das Gegengewicht soll verschiebbar sein, damit verschiedene Systeme mit unterschiedlichem Gewicht verwendet werden können. Eine Skala am Gegengewicht oder eine Laufschiene mit einem kleineren Gewicht erlauben dann die Feineinstellung des notwendigen Auflagedruckes. Es gibt auch Tonarmkonstruktionen, bei denen diese Verstellungen mit Hilfe von Federn durchgeführt werden können.

Hochwertige Tonabnehmersysteme verlangen nur noch sehr geringen Druck auf die Schallplatte. Damit wird nicht nur die Abtastnadel, sondern auch die Schallplatte in einem Maße geschont, wie es früher nicht vorstellbar war. Man mißt die Auflagekraft in Pond (p). Das entspricht der Kraft, mit der 1 Gramm Masse auf ihre Unterlage drückt.

Zur Kontrolle der Auflagekraft gibt es Tonarmwaagen verschiedener Konstruktion.

Eine exakte Führung der Abtastspitze über die Schallplatte verlangt die genaue Wiederholung der Bewegung des Schneidstichels bei der Herstellung der ersten Schallplattenfolie. Dieser Stichel wurde jedoch von einer radial angeordneten Schiene geführt. Die Nachzeichnung einer solchen Führung





Die Traum-Tonarme der High-Fidelity-Freunde: Sony PUA-237 (oben) und der englische SME, den es in zwei verschiedenen Größen gibt (links).

ist aber nicht möglich mit der Spitze eines irgendwo drehbar angeordneten Armes. Immer wird dabei ein Kreisbogen herauskommen, in dem die Gerade als Sehne erscheint. Auf diesem Kreisbogen wird die Längsachse des Abtastsystems mit der Tangente an die Schallplattenrille nur in einem Punkt parallel laufen, während sie sonst rechts oder links davon einen Winkel bildet, der als Abtastfehlwinkel bezeichnet wird. Er verursacht unsauberes Abspielen, sobald er einen Mindestwert überschreitet. Um ihn klein zu halten, ist der Tonarm an seinem vorderen Ende um 24 Grad abgewinkelt. Längere Tonarme beschreiben mit ihrer Spitze einen flacheren Kreisbogen; deshalb haben sie auch einen kleineren Fehlwinkel. Dafür neigen sie aber zu mehr Schwingungen, so daß der Konstrukteur schließlich eine Kompromißlösung finden muß.

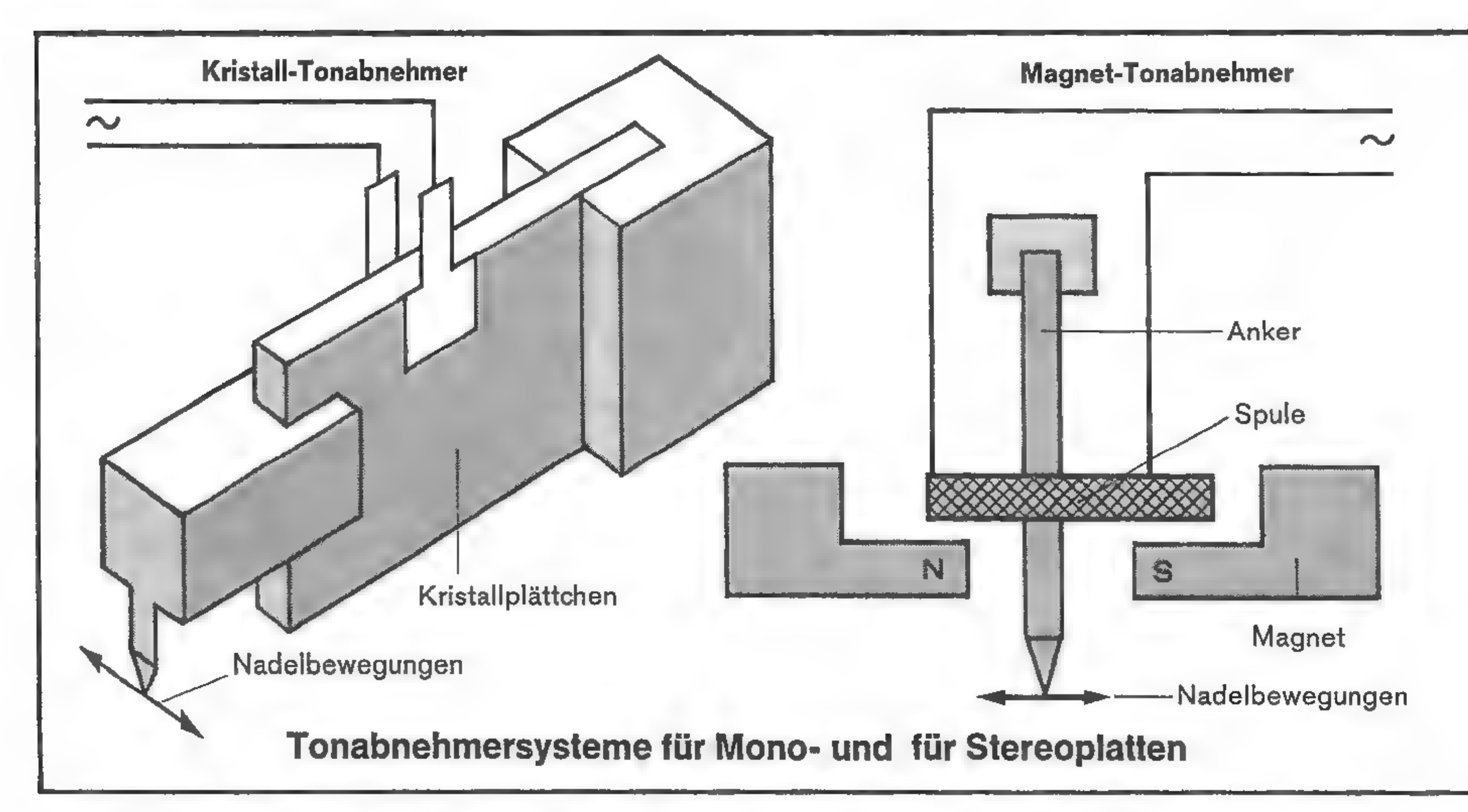
Je geringer die Führungskräfte der Abtastspitze bei den hochempfindlichen Systemen sein dürfen, um so mehr wirken sich sonstwie noch vorhandene Kräfte auf die Bewegungen des Tonarmes aus. Dazu gehört auch noch eine den Tonarm zur Schallplattenmitte ziehende Kraft, die durch das sogenannte *scating* entsteht. Man bezeichnet damit eine Treibwirkung — durch die Bewegung der Rille — auf die Abtastspitze, die quer zur Tangente an die Rille gerichtet ist. Auch diese Kraft kann ausgeglichen werden, am einfachsten durch ein Gewicht, das über ein feines Nylonfädchen den Arm wieder nach außen zieht.

Viele hochwertige Plattenspieler, vor allem die Wechsler und Halbautomaten, werden mit einem bereits fest eingebauten Tonarm geliefert. Er besitzt dann

auch alle notwendigen Justiereinrichtungen. Es gibt aber auch Plattenspieler ohne Tonarm für solche Amateure, die gerne eines der Spezialmodelle verwenden möchten. Die Montage solcher Arme muß sehr sorgfältig erfolgen, wenn sie nicht alle ihre Vorzüge wieder verlieren sollen. Es kommt dabei nicht nur auf einen genügend erschütterungsfreien Standort für die Tonarmhalterung an, sondern auch auf den genauen Abstand der senkrechten Tonarmlagerachse vom Mittelpunkt des Plattentellers. Um ihn einzuhalten, sind den Tonarmen Schablonen für die notwendigen Bohrungen beigelegt.
Einige Konstruktionen von Tonarmen werden als integrierte Arme bezeichnet. Bei ihnen sind Arm und Tonabnehmersystem als Einheit konstruiert. Man kann keine fremden Systeme dagegen austauschen. Normalerweise besitzt der Arm einen abnehmbaren Tonarmkopf, der alle Systeme mit international genormter Befestigung aufnehmen kann.
Vom Tonarmkopf aus läuft durch den Arm ein abgeschirmtes Leitungspaar, das meist durch die senkrechte Tonarmachse hindurch bis unter die Platine des Plattenspielers führt. Da es die sehr geringen Tonspannungen bis zum Verstärker leiten muß, darf auf diesem ganzen Wege seine Abschirmung nirgends unterbrochen werden. Die sonst auftretenden Brummstörungen haben schon manchen Musikfreund zur Verzweiflung getrieben.

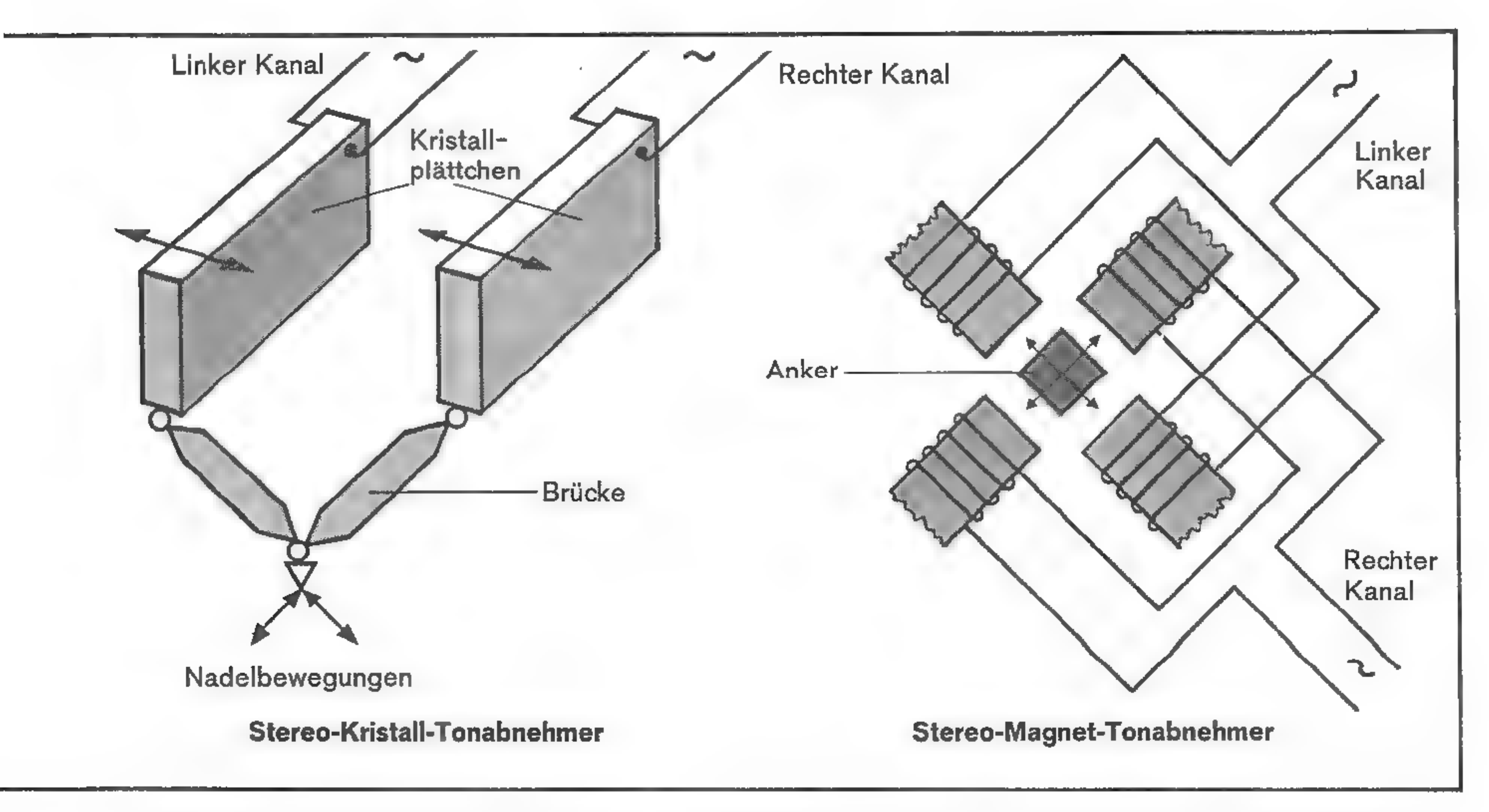
Tonabnehmer - Gefühl im Diamanten

Das Tonabnehmersystem soll aus den von der Schallplattenrille erzwungenen Nadelbewegungen elektrische Spannungsschwankungen erzeugen. Derartige Umwandlungen von mechanischer in elektrische Energie sind im ganzen Bereich der Elektrotechnik üblich. Die Verfahren arbeiten nach dem elektromagnetischen Prinzip, bei dem ein Magnetfeld in einem relativ dazu bewegten Leiter elektrische Ströme induziert. Dabei ist es gleichgültig, ob der Leiter selbst oder das Magnetfeld bewegt wird.
Verbindet man zum Beispiel mit der Abtastspitze einen kleinen Magneten, der in einer festen Spule hin und her schwingt, dann liefert sie Wechselspannungen, die den Rillenauslenkungen und damit auch den darin aufgezeichneten Tonfrequenzen entsprechen. Nach diesem Prinzip wurden schon sehr früh magnetische Tonabnehmer gebaut. Dabei lassen sich zahlreiche Varianten verwirklichen — etwa mit einem Weicheisenkern im Magnetfeld und Spulen auf den Polschuhen des Magneten. Alle diese Verfahren beruhen auf dem Prinzip, mit Hilfe der Nadelbewegungen magnetische Feldänderungen hervorzurufen, um daraus Spannungsänderungen zu gewinnen.



Tonabnehmersysteme für Mono- und für Stereoplatten

Wird in einem feststehenden Magnetfeld eine kleine mit der Nadelhalterung verbundene Spule bewegt, läuft dieser Vorgang auf genau das gleiche Prinzip hinaus, nur spricht man jetzt von einem dynamischen System. Magnetische und dynamische Tonabnehmer sind mit außerordentlich leicht beweglichen Nadeln ausgerüstet und deswegen besonders empfindlich, das heißt: feinfühlig. Aber sie liefern nur geringe Spannungen, die zunächst einmal vorverstärkt werden müssen. Außerdem sind ihre Spannungsänderungen der Geschwindigkeit proportional, mit der das Magnetfeld oder der Leiter bewegt werden. Deshalb liefern solche Systeme ein genaues elektrisches Abbild des Rillenverlaufes und damit auch der bereits erläuterten absichtlichen Verzerrungen durch die Schneidkennlinie. Darum muß hinter dem Abtastsystem wieder entzerrt werden, und zwar zugleich mit der Vorverstärkung.
Derartige Entzerrer-Vorverstärker sind für solche Abtastsysteme unerläßlich. Man kann sie gleich in den Plattenspieler einbauen. Das ist dank der Transistorisierung heute recht einfach.
Weitaus billiger sind die Kristalltonabnehmer. Sie sind sogenannte Bieger, deren Wandler ein dünn geschnittenes Kristallplättchen – beispielsweise aus Seignettesalz – ist, das an einem Ende fest eingespannt wird. Das andere Ende wird über einen Bügel durch die Schwingungen der Abtastspitze hin und her gebogen. Infolge des piezoelektrischen Effektes entstehen dabei auf den einander gegenüberliegenden Flächen des Kristalls entgegengesetzte elektrische Ladungen, die mit Hilfe von Metallbelägen als Spannungen abgenommen werden können. Diese Spannungen sind so hoch, daß sie ohne Vorverstärkung für die Aussteuerung des Hauptverstärkers ausreichen. Außerdem



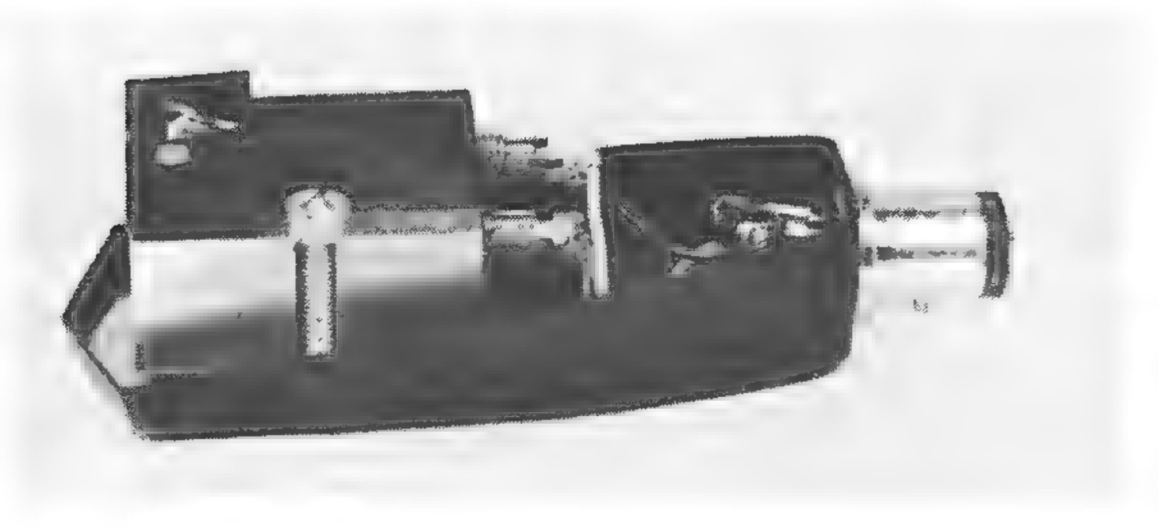
wachsen sie mit dem Grad der Verbiegung und nicht mit der Geschwindigkeit. Dadurch entsteht eine Abtastcharakteristik, die der Schneidkennlinie entgegengesetzt verläuft, so daß man auf eine Entzerrung verzichten kann. Kristallsysteme führen zwar zu recht einfachen Tonabnehmerkonstruktionen, das auf Biegung beanspruchte Material erreicht jedoch nicht die Nachgiebigkeit und 'Feinfühligkeit' magnetischer Systeme. Außerdem sind die geeigneten piezoelektrischen Kristalle sehr empfindlich. Sie ziehen Wasser aus der Luft an und zerfließen in der Wärme. Deshalb mußten sie sehr sorgfältig in Silikon eingebettet werden.

Als vollkommen unempfindlich erwies sich dann später keramisches Material, das auch leichter zu sehr dünnen Plättchen zu verarbeiten war. Die damit hergestellten keramischen Tonabnehmer wurden zu beachtlicher Qualität entwickelt, so daß sie heute mit billigeren Systemen konkurrieren können.

Die Konstruktion von Monosystemen nach beiden Prinzipien ist nicht besonders kompliziert. Die Nadel muß nur in der Waagerechten beweglich sein. Dazu genügt eine einfache Pendelaufhängung. Daß diese Aufhängung senkrechte Bewegungen nicht in Spannungsänderungen umsetzt, ist überdies noch ein Vorteil, denn damit wird der Einfluß des fast bei allen Schallplatten vorkommenden Höhenschlages klein gehalten.

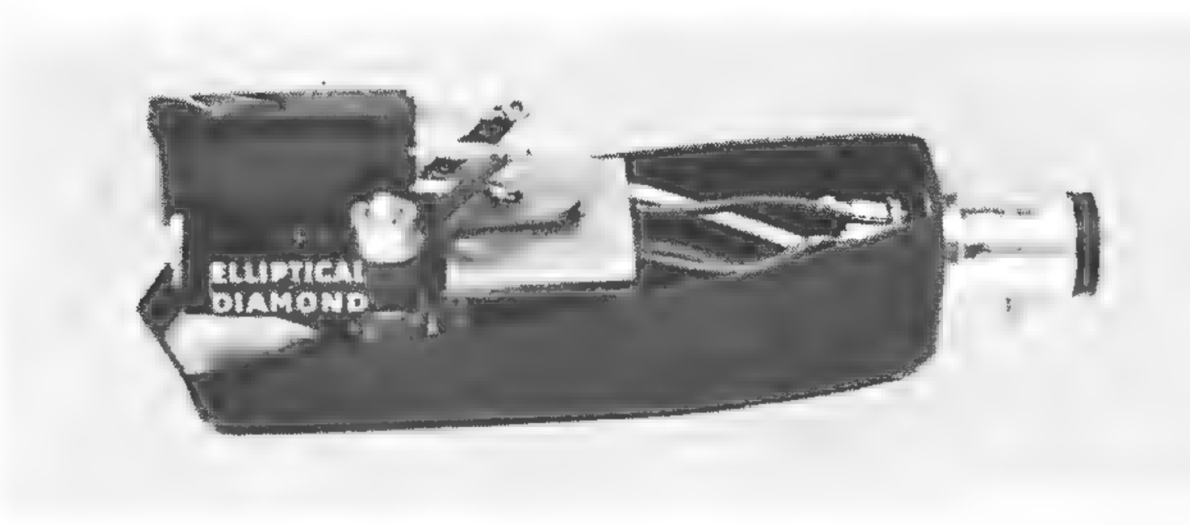
Stereotonabnehmer können ebenfalls nach den seitherigen Prinzipien gebaut werden. Vereinfachend darf man sagen, daß hierzu jeweils zwei Monosysteme zu vereinigen sind. Es werden also zwei Kristallplättchen beziehungsweise zwei Spulen nebeneinander verwendet, die zwei getrennte Spannungsquellen für die beiden Kanäle der Stereofonie darstellen.

Der Konstrukteur hat nur dafür zu sorgen, daß die von der Stereorille erzeugten Nadelbewegungen entsprechend den Modulationen der Rillenflanken nach zwei senkrecht aufeinanderstehenden Richtungen analysiert werden.
Beim Kristalltonabnehmer geschieht das dadurch, daß zwei nebeneinanderliegende Plättchen durch eine Brücke miteinander verbunden werden, in deren Mitte die Abtastspitze angreift. Die Brücke ist nur in zwei senkrecht zueinander stehenden Richtungen beweglich. Damit erhält jedes Plättchen nur den Antrieb, der von jeweils einer Rillenflanke kommt.
Bei Magnetsystemen bewegt sich der mit der Nadel verbundene Anker zwischen zwei Polpaaren, die ebenfalls senkrecht aufeinanderstehen. Die Feldveränderungen jedes Polpaares werden von getrennten Spulen in Spannungsänderungen übertragen, wodurch wiederum die Informationen der beiden Kanäle gewonnen werden.
Bei der Variante des dynamischen Systems trägt die Nadelhalterung zwei kreuzweise, also senkrecht zueinander gewickelte, feinste Spulen in einem gemeinsamen vierpoligen Magnetfeld. In jeder Spule erzeugen nur die Bewegungen Spannungen, die senkrecht zu den Kraftlinien des Magnetfeldes verlaufen. Die kreuzweise angeordneten Spulen analysieren deshalb die Nadelbewegungen wiederum nach zwei Richtungen, die genau den Modulationen der Rillenflanken entsprechen.
Tonabnehmersysteme sind kleine Meisterwerke der Feinmechanik. Ihre beweglichen Teile sollen allen Rillenauslenkungen so folgen, daß am Ende ein geradliniger Frequenzverlauf herauskommt. Eigenfrequenzen müssen weitgehend vermieden werden, da sie sich als klirrende Verzerrungen bemerkbar machen, die dann millionenfach verstärkt werden.
Bei Stereosystemen steht wieder die Kanaltrennung, also eine hohe Übersprechdämpfung von einem zum anderen Kanal, als eine der wichtigsten Forderungen an der Spitze. Sie ist für die Deutlichkeit des Stereoeffektes verantwortlich.
Weitere wesentliche Forderungen, die an ein hochwertiges System zu stellen sind, werden bei näherer Betrachtung des Abspielvorganges klar. Zur exakten

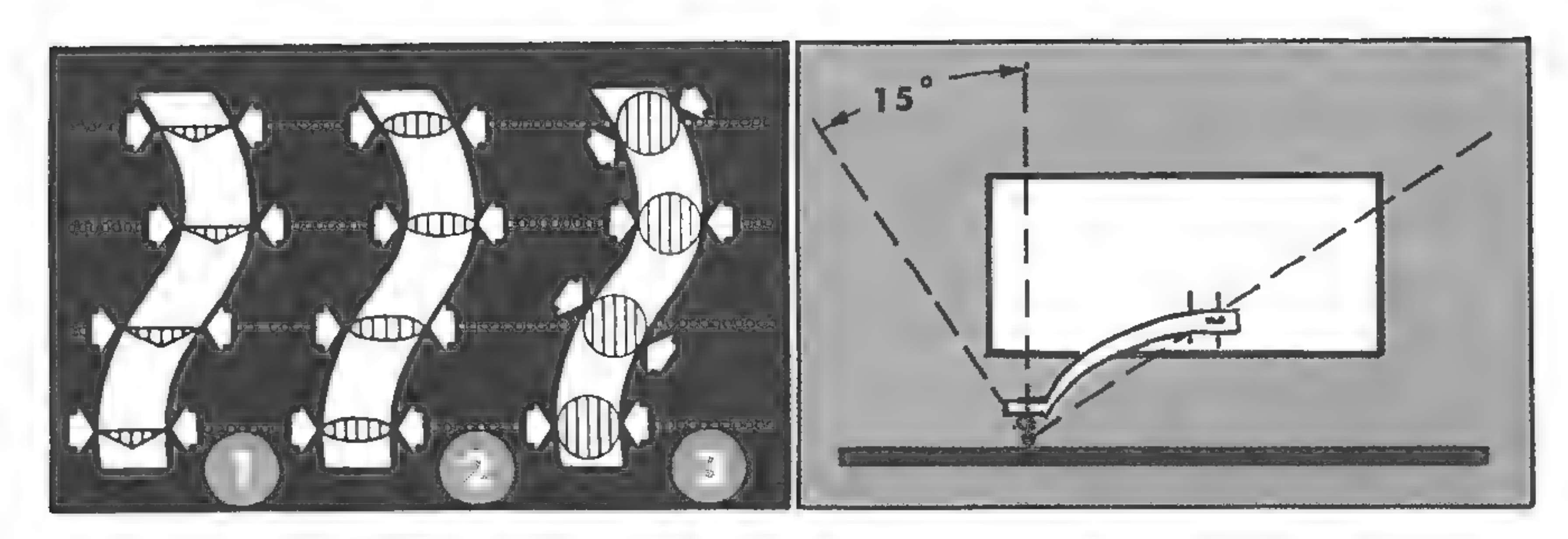


Modernes magnetisches Tonabnehmersystem: Shure V 15 mit elliptischem Diamanten.

Führung muß die Nadelspitze mechanischen Kontakt mit den Rillen haben. Das bedeutet, daß sie mit der Mantelfläche ihres Kegels auf den beiden Rillenflanken gleitet und diese in zwei Punkten berührt, die einander gegenüberliegen. Dazu müssen die Dimensionen von Nadel und Rille zueinander passen. Die Spitze darf nicht zu grob sein, sonst würde sie zu hoch in der Rille liegen. Sie darf auch nicht zu fein sein, sonst könnte sie so tief einsinken, daß sie den Boden berührt.
Da der Kegel der Spitze an seinem vorderen Ende kugelförmig abgerundet ist, nimmt man den Radius der Kugel als Verrundungsradius zum Maß für die Feinheit der Abtastspitze.
Für die Abtastung von Stereoplatten gibt man der Nadel einen Verrundungsradius von 12 bis 18 μm (1 μm = 1 Mikrometer = $^1/_{1000}$ mm).
Bei amerikanischen Systemen findet man auch die Bezeichnung mil (= $^1/_{1000}$ Zoll). Da es dort üblich ist, die Null vor dem Komma wegzulassen, steht dann im Prospekt etwa die Angabe .7 mil oder .0007″. Das entspricht in unserem Maßsystem 0,018 mm beziehungsweise 18 μm. Gleichermaßen rechnen sich 2,7 mil oder .0027″ zu 69 μm und 0.5 mil zu etwa 13 μm um.
Schon früh wurde der Vorschlag gemacht, die Plattenrille mit einer Kegelspitze abzutasten. Ihr Querschnitt ist nicht kreisförmig, sondern elliptisch, und zwar so, daß die längere Achse der Ellipse quer zum Rillenverlauf steht. Man kann sich vorstellen, daß dazu bei der Kleinheit der Spitze und der erforderlichen Präzision erhebliche Schwierigkeiten zu überwinden sind. Da sich dieser Aufwand nur bei teuren Abtastnadeln mit hoher Lebensdauer lohnt, sind die seit einigen Jahren erhältlichen Systeme mit elliptisch geschliffenen Diamanten nicht gerade billig. Sie bringen aber deutliche Verbesserungen bei der Verminderung der Klirrverzerrungen und vor allem bei der Wiedergabe der höheren Frequenzen.
Derartige Nadeln werden auch biradial genannt. Sie haben gemäß der Gestalt der Ellipse zwei Verrundungsradien. Bei der Abtastung steht der größere Radius von 22,5 μm quer zur Rille und ergibt eine sichere Führung im oberen Bereich der Rillenflanken ohne Gefahr einer Bodenberührung. Wo die Abtast-




Modernes dynamisches Tonabnehmersystem: Ortofon mit elliptischem Diamanten.



Die Stellung des Stichels beim Schneiden der Rille (Bild links ①) entspricht genau der Stellung des elliptischen Diamanten beim Abtaster ②. Bei Nadeln mit kreisförmigem Querschnitt wandern jedoch die Berührungspunkte mit der Rille ③. Bild rechts: Tonabnehmer mit 15-Grad-Abtastwinkel.

spitze die Rillenflanken berührt, hat die Ellipse ihre stärkste Krümmung mit einem Verrundungsradius von nur 5 μm. Sie kann damit den auf kleinsten Raum zusammengedrängten Rillenauslenkungen der hohen Frequenzen viel leichter folgen.

Die Abtastnadel soll durch die Rille zu den gleichen Bewegungen gezwungen werden, die einmal der Schneidstichel bei der Herstellung der Lackfolie ausgeführt hat. Blickt man von der Seite auf den Rillenverlauf, dann zeigt der Schneidstichel einen sogenannten Sturz; er ist um 15 Grad nach vorne geneigt. Die gleiche Stellung kennzeichnet auch die bislang höchste Vervollkommnung der Tonabnehmersysteme.

Der senkrechte oder vertikale Abspielwinkel wird jedoch nur eingehalten, wenn die untere Kante des Tonabnehmers genau parallel zur Schallplattenoberfläche verläuft. Dies ist nur in einer einzigen Stellung der waagerechten Bewegungsachse des Tonarmes gegeben. Rückt sie höher oder tiefer, verändert sie wieder die Winkelstellung zur Schallplatte. Der Tonarm muß deswegen in der Höhe für das verwendete Abnehmersystem einjustiert sein.

Mag der Tonabnehmer noch so leicht auf der Platte ruhen, so sind die Drücke, die dabei auftreten, doch beachtlich hoch. Das kommt daher, daß sich die Kräfte nur an den nahezu punktförmigen Berührungsstellen auswirken. Dort tritt ein spezifischer Flächendruck auf, der an das Material von Platte und Abtastspitze enorme Anforderungen stellt. Der Druck bestimmt das Maß der Reibung und somit auch der Abnutzung, wobei die meist sehr scharfkantigen Staubteilchen in der Rille noch weiter nachteilig wirken.

Beim Abspielen der Platte entstehen an der Abtastspitze eingeschliffene Flächen. Die Nadel wird damit kantig und schleift ihrerseits die Rille noch stärker ab. Auch die modernen Nadeln aus Saphir und Diamant haben nur

beschränkte Spielzeiten. Für einwandfreie Wiedergaben soll ein Saphir nicht länger als 50 bis 100 Stunden verwendet werden. Diamanten haben die zehn- bis zwanzigfache Lebensdauer.
Durch unsachgemäße Behandlung – etwa zu hartes Aufsetzen auf die Platte – kann das spröde Material der Nadeln splittern. Dabei entstehen sehr scharfe Kanten, die eine Platte rasch ruinieren. Die Abspielnadel soll deswegen rechtzeitig ersetzt, zumindest auf ihren Zustand kontrolliert werden. Dazu verfügen die Händler über geeignete Vergrößerungsgeräte.
Die Abnutzung der Spitze hängt in hohem Maße ab von der Kraft, mit der das Tonabnehmersystem auf die Schallplatte drückt, und von der Nachgiebigkeit der Nadellagerung gegenüber den Auslenkungen durch die Rille. Beide sind noch insofern miteinander verkoppelt, als die Kraft, mit der die Spitze in die Rille gedrückt werden muß, um so geringer sein kann, je williger die Nadel der Rillenführung folgt.
Die Auflagekraft kann bei modernen Systemen im Extremfall bis zu 0,75 p verringert werden. Werte zwischen 1,5 und 2,5 p sind normal. Bei zu geringer Kraft wird die Nadelführung unsicher. Es treten Klirrverzerrungen auf, die Nadel schleudert, ihr Verschleiß und die Abnutzung der Rille nehmen rasch zu. Eine möglichst weich gelagerte Nadel erfordert geringere Führungskräfte, sie neigt auch weniger zum Schleudern. Viele Systemverbesserungen zeigen sich deshalb auch in einer nachgiebigeren Nadellagerung. Zwei Angaben reziproker Art haben sich für diese Nachgiebigkeit eingebürgert. In deutschen Prospekten hatte man sich zunächst angewöhnt, von der Rückstellkraft zu sprechen. Das ist die Kraft, welche die Nadel der Auslenkung entgegensetzt. Sie erscheint als Rückstellkonstante etwa mit der Angabe 1,2 p/60 μm. Das bedeutet: Bei 60 μm Auslenkung entsteht eine Gegenkraft von 1,2 p.
In amerikanischen Angaben findet man zum Beispiel 4×10^{-6} cm/dyn geschrieben. Dies kennzeichnet die Nachgiebigkeit (Compliance) und besagt, daß die Nadel um den Betrag von 4×10^{-6} cm = 4 millionstel cm ausgelenkt wird, wenn auf sie eine Kraft von 1 dyn (die physikalische Einheit der Kraft) einwirkt. Je höher bei dieser Angabe der erste Faktor ist, um so nachgiebiger ist das System. Bei der zuerst genannten, deutschen Angabe ist es genau umgekehrt: eine Angabe von 1,2 p/60 μm bezeichnet ein härteres System als die Angabe 0,9 p/60 μm.
Compliancewerte von 20×10^{-6} cm/dyn sind für gute Systeme üblich.
Viele Benutzer sind sich nicht im klaren darüber, welche Systeme für die verschiedenen Platten geeignet sind. Nach den bisherigen Ausführungen läßt sich das leicht entscheiden.
Für alte Schellackplatten gibt es Spezialnadeln passender Abmessungen. Da die meisten Tonabnehmersysteme für leichten Nadelwechsel eingerichtet

sind, kann die jeweils geeignete Nadel gewählt werden. Sie muß aber wieder zum System passen. Die Fabrikate lassen sich nicht gegeneinander austauschen.
Monaurale Platten mit Mikrorillen kann man mit Mono- oder Stereosystemen abspielen. Der Verrundungsradius der Spitze soll bei etwa 17 µm liegen. Nadeln mit 12 µm sind für solche Platten zu fein. Besonders dann, wenn die Platte schon etwas abgespielt ist, berührt die Spitze den Boden.
Für neue Stereoplatten sind Nadeln von 12 µm geeignet. Für ältere Platten empfehlen sich Abmessungen von etwa 17 µm.
Bei Stereoschallplatten findet man oft die Bezeichnung, daß sie kompatibel seien. Dies muß mit einigem Vorbehalt aufgenommen werden. Damit will der Hersteller nämlich sagen, daß solche Platten sowohl mit Mono- wie mit Stereosystemen abspielbar sind. Das gilt aber nur für das Zustandekommen eines guten Monosignals, wenn die Platte in Mono wiedergegeben wird. In jedem Fall aber ist ein modernes Tonabnehmersystem hoher Compliance und niedriger Auflagekraft erforderlich. Ältere Monosysteme ruinieren solche Platten. Gute Plattenspieler werden heute nur noch mit Stereosystemen ausgerüstet. Mit diesen kann man beliebig Mono- oder Stereoplatten abspielen. Am geeignetsten für beide Plattentypen sind elliptische Nadeln.
Gute Plattenspieler mit weichen Tonabnehmersystemen niedriger Auflagekraft bedeuten natürlich eine weitgehende Schonung der Schallplatten. Da in einer Schallplattensammlung weit mehr Geld steckt, als ein hochwertiges Tonabnehmersystem kostet, kann man dieses Kapital am besten erhalten, wenn man die Ausgabe für gute Systeme und Nadeln nicht scheut.

Verstärker dürfen nichts verfälschen

Plattenspieler, Verstärker und Lautsprecherboxen bilden die Grundbausteine einer HiFi-Stereoanlage. Alle übrigen stellen Ergänzungen dar, die die Programmauswahl bereichern. Beim Verstärker – als dem zentralen Bedienungsgerät – setzten auch die ersten Bemühungen um die Verwirklichung der HiFi-Qualität ein.
Der Verstärker hat die ihm zugeführten ton- oder niederfrequenten Signale unverzerrt auf die Leistung zu bringen, die zum Betrieb der Lautsprecher notwendig ist. Das bedeutet eine millionenfache Verstärkung der von den Programmquellen kommenden Informationen. Sie dürfen in ihrer Frequenzzusammensetzung und Dynamik nicht im geringsten verändert werden, ihnen soll aber auch nichts hinzugesetzt werden, was die Wiedergabe beeinträchtigen könnte.
Praktisch geht diese Verstärkung so vor sich, daß die kaum wahrnehmbaren Signale, die am Verstärkereingang liegen, mit Hilfe von Röhren oder Transistoren Energien steuern, die aus dem Stromversorgungsnetz bezogen werden. Dieses Netz liefert aber einen höchst unruhigen Wechselstrom, der – über geeignete Anpassungen direkt dem Lautsprecher zugeführt – ein gewaltiges Brummen und sonst nichts erzeugen würde. Der Verstärker hat dafür zu sorgen, daß von dieser Eigenart seiner Stromquelle nichts anderes mehr übrigbleibt als die reine Musik, die den Strömen aufgeprägt wurde. Das zu erreichen, erfordert im Verstärker eine ziemliche Anzahl von Bauelementen, hauptsächlich Widerstände und Kondensatoren, die die aktiven Bauteile (Röhren und Transistoren) verbinden. Die Stereofonie verdoppelt noch diesen Aufwand. Man könnte für sie selbstverständlich auch zwei gleiche Verstärker nebeneinanderstellen, für jeden Kanal einen. Bequemer ist es, beide auf einem Chassis und in einem Gehäuse beisammen zu haben und auch über gemeinsame Organe zu bedienen.
In seinem Aufbau enthält der Verstärker drei Baugruppen:

- Die Stromversorgung, die als Netzanschluß aus dem Wechselstrom einen vollkommen beruhigten Gleichstrom macht.
- Den Vorverstärker, der auch die notwendigen Entzerrerschaltungen enthält und das Signal auf einen wesentlich höheren Pegel bringt. Im Vorverstärker sind auch alle Regelmöglichkeiten und die meisten Umschalter enthalten, die die Bedienung erfordert.

- Den Leistungsverstärker, der — mit den Spannungen des Vorverstärkers gesteuert — den Leistungsbedarf der Lautsprecher deckt. Seine Endstufen arbeiten als verzerrungsarme Gegentaktstufen.

Es gibt Anlagen, bei denen Vorverstärker und Leistungsverstärker getrennt sind. Einige Hersteller bauen die Leistungsverstärker sogar direkt in die Lautsprecherboxen ein. Diese Art der Aufteilung ist eine Frage der Bequemlichkeit und nicht der Qualität.

Ob man einen Röhren- oder einen Transistorverstärker wählen soll, kann nach dem Vergleich, der in einem früheren Kapitel zwischen beiden Bauelementen gegeben wurde, und nach dem Preis entschieden werden. Wichtiger ist, daß man sich über die erforderliche Verstärkerleistung und die Ansprüche an die Verzerrungsfreiheit klar wird. Sie machen sich auch am stärksten im Preis bemerkbar.

Was muß der Verstärker leisten?

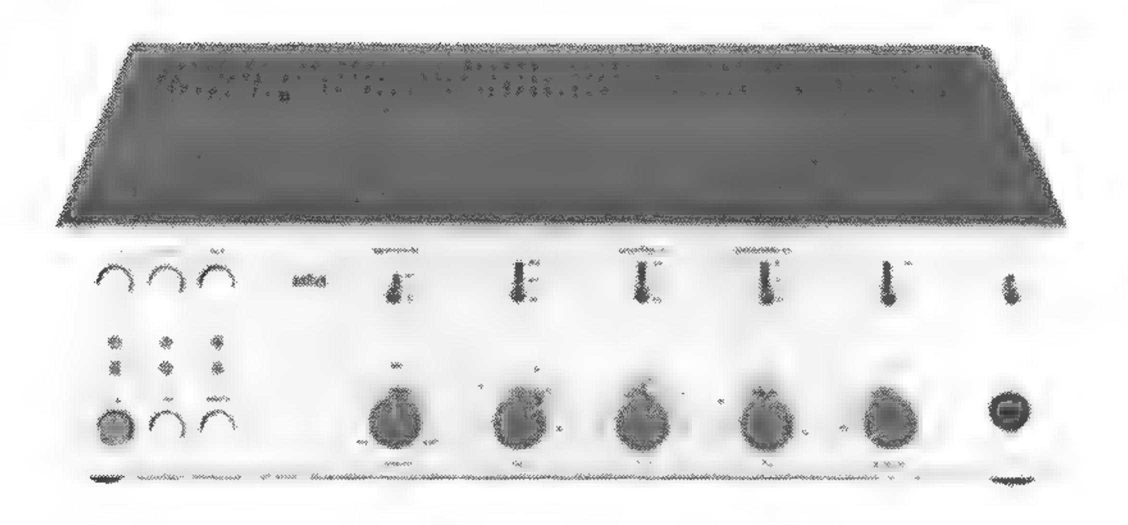
Leistungsangaben erscheinen fast immer in der Form 2×12, 2×20, 2×30 usw. Watt. Die Angabe bedeutet, daß die Wattzahl für je einen Kanal gilt und für die Stereofonie zweimal vorhanden ist.

Angesichts der angebotenen, weit auseinanderliegenden Verstärkerleistungen muß dem Käufer die Wahl schwerfallen. Um einen Wohnraum mit der Lautstärke eines Sinfonieorchesters zu füllen, würde theoretisch die akustische Energie von weniger als einem Watt ausreichen. Besitzt der eingebaute Lautsprecher aber einen Wirkungsgrad von fünf Prozent, so müssen wir dem Verstärker schon das Zwanzigfache der notwendigen akustischen Leistung entnehmen. Soll die Musik jedoch in HiFi-Qualität erklingen, dann hat der Verstärker eine Kraftreserve nötig, die diesen Betrag noch einmal vervielfacht.

Hohe Verstärkerleistungen sind notwendig, weil man sie nicht in Anspruch nehmen darf. Diese paradox scheinende Behauptung wird verständlich, wenn man die Kurve betrachtet, die den Zusammenhang des Klirrgrades eines Verstärkers mit seiner Wattleistung darstellt. Bei guten Verstärkern bleibt der Klirrgrad beispielsweise innerhalb eines weiten Leistungsbereiches bei etwa 0,25 Prozent. Dies bedeutet, daß an den Lautsprecher zu 99,75 Prozent genau die Tonfrequenzen gelangen, die wir an den Verstärkereingang gegeben haben. Der Rest besteht aus Verzerrungen, die aus verschiedenen Gründen im Verstärker selbst entstehen und unseren Ohren weniger gefallen als die Musik.

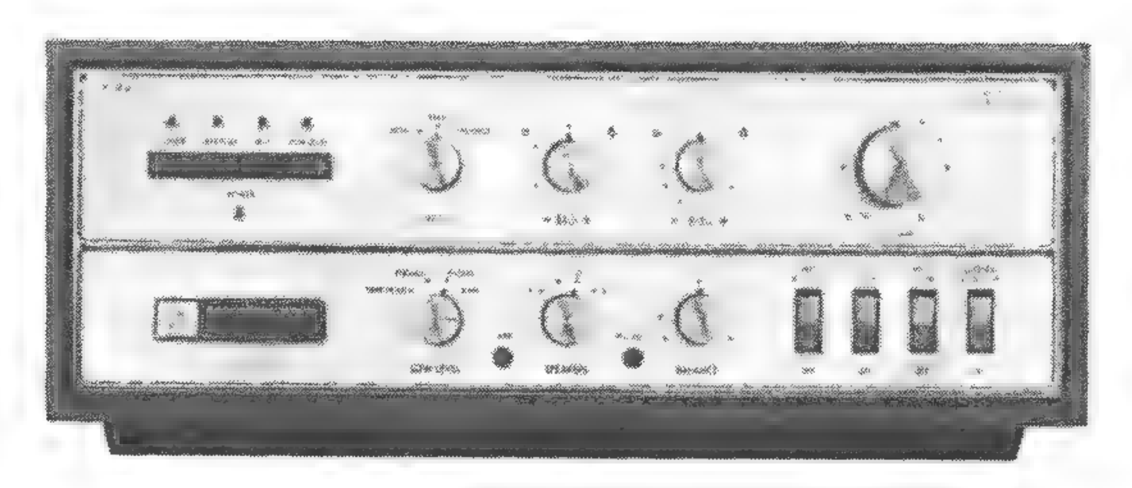
Sobald wir über diesen Leistungsbereich hinausgehen, indem wir den Lautstärkeregler weiter aufdrehen, steigen die Klirrverzerrungen fast plötzlich

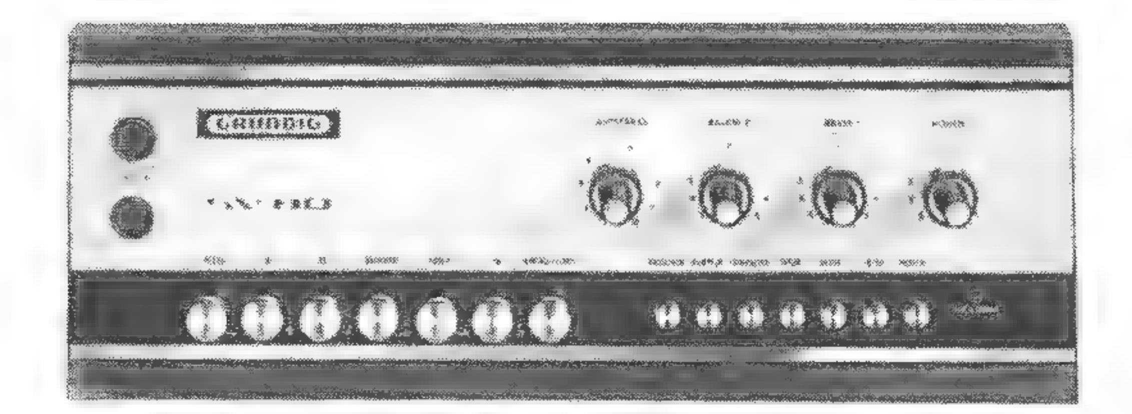
Verstärker



Der Braun CSV 1000 ist ein Transistor-Verstärker mit einer Ausgangsleistung von 2 x 50 W. Zur korrekten Einstellung eines linearen Frequenzganges lassen sich die Klangregler überbrücken.

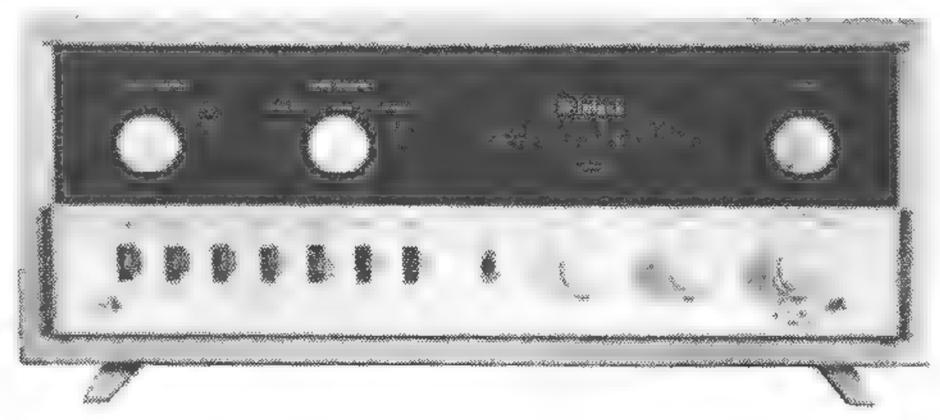
Fisher TX-300 im Elac-Programm hat eine Gesamtleistung von 100 W. An diesen Transistor-Verstärker können zwei Lautsprecherpaare angeschlossen und wahlweise einzeln oder gemeinsam betrieben werden.

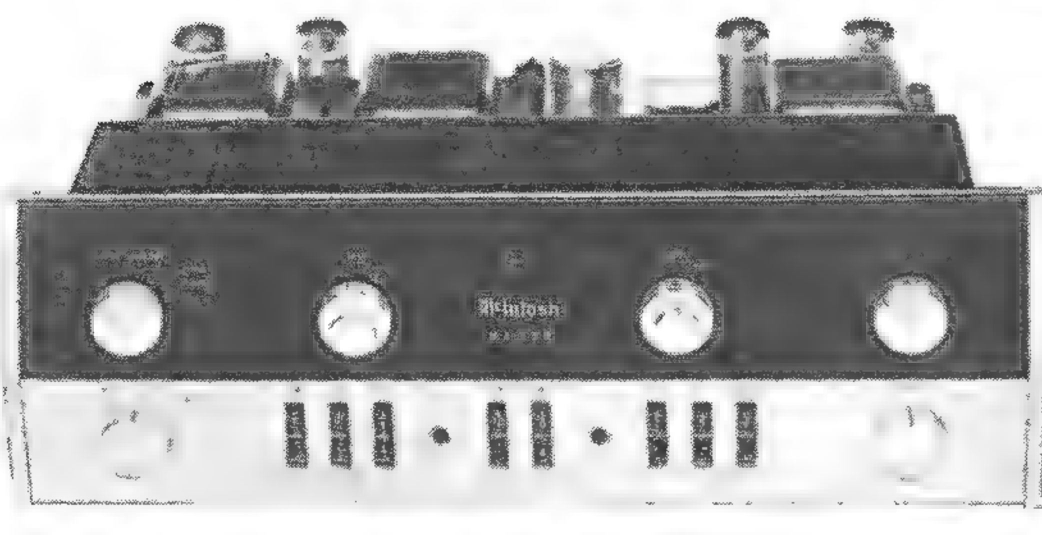




Der Grundig SV 80 ist ein Verstärker mit günstigem Preis bei hoher Qualität. Er leistet 2 x 40 W und ist hier als Beispiel für das reichhaltige Grundig-Programm ganz besonders erwähnenswert.

Der McIntosh C 24 ist ein Transistor-Vorverstärker, für den drei Typen röhrenbestückter Endverstärker (2 x 25, 2 x 40 und 2 x 75 W) über Thorens angeboten werden.





Teiltransistorisiert ist der MA 230 von McIntosh. Er liefert 2 x 30 W und ist – wie die übrigen McIntosh-Geräte – im Rahmen des großen Thorens-Programms lieferbar.

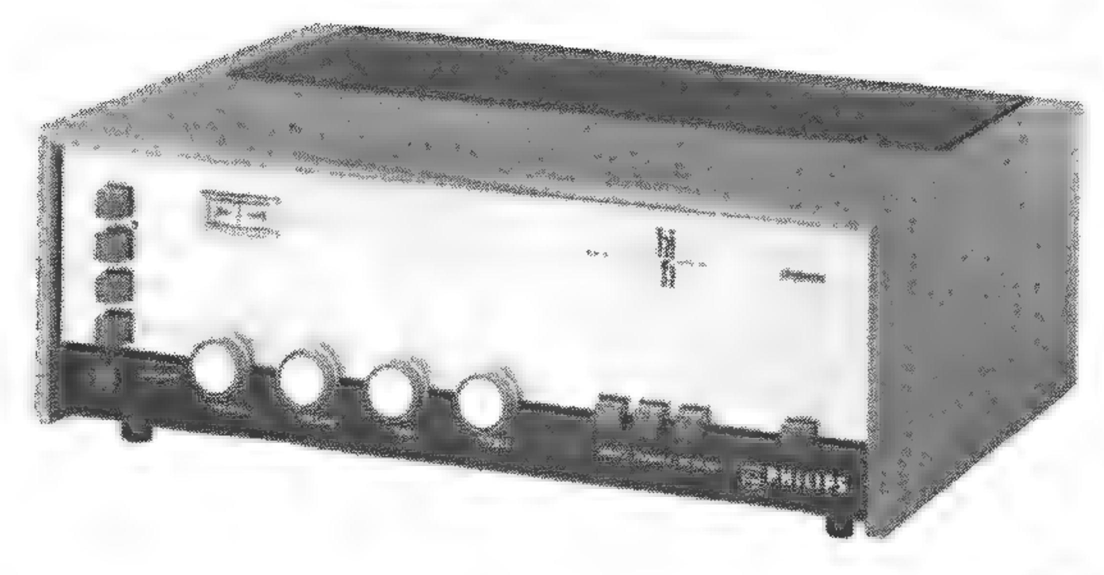
an und nehmen immer mehr zu, obwohl der Verstärker die wachsende Leistung ohne weiteres abgeben kann. Überdies ist gleichzeitig noch der Verzerrungsanstieg bei den Frequenzen am stärksten, auf die wir bei der Wiedergabe ganz besonderen Wert legen. Für eine hohe Musikqualität müssen wir also eine Verstärkerleistung wählen, die weit über dem eigentlichen Bedarf liegt. Nur so geraten wir niemals in den Bereich höherer Verzerrungen.
Dem voll beanspruchten Verstärker geht es wie einem überladenen Lastträger, der an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit steht und beim geringsten Anlaß stolpert. Dem Verstärker wird ständig Unvorhergesehenes zugemutet: Setzt plötzlich die volle Orchestermusik ein oder wird auf die Pauke gehauen, gelangen an seinen Eingang plötzlich um ein Vielfaches erhöhte Tonspannungen, für die dann am Ausgang eine ebenso vervielfachte Wattleistung bereitstehen muß, um sie überhaupt und dann noch unverzerrt an den Lautsprecher weitergeben zu können. Der Verstärker muß also auch noch imstande sein, den gewaltigen Umfang der Dynamik unverändert wiederzugeben. Dazu braucht er Reserven.

Über den Wert von Leistungsangaben

Nicht nur aus diesem Grund, sondern auch um der schönen Prospektangaben willen besteht so eine Art Wettlauf unter den Herstellern um die höchsten Leistungsangaben. Nur der Fachmann kann aus der Schaltung und aus der Röhren- oder Transistorbestückung auf die tatsächliche Leistung schließen. Bei gleicher Bestückung findet der Verbraucher ganz unterschiedliche Leistungsangaben, je nachdem, welchen Klirrgrad der Produzent noch für zumutbar hält. Manche sprechen von einer Musikleistung, und das klingt ganz verführerisch. In Wirklichkeit bedeutet es die Leistungsspitze, die gar nicht in Anspruch genommen werden darf.
Der Käufer richtet sich auch hier am besten nach den HiFi-Normen. Da wird die Sinusdauertonleistung als Kriterium verlangt. Das bedeutet die Leistung, die über einen Zeitraum von mindestens zehn Minuten bei einem Sinuston von 1000 Hertz abgegeben wird. Dabei werden die ebenfalls in den Normen angeführten Übertragungsqualitäten hinsichtlich Verzerrungen, Frequenzgang usw. eingehalten. Als Mindestleistung dieser Art werden 2×6 Watt verlangt.
Bei der Ermittlung des tatsächlichen Leistungsbedarfs sind eine Reihe von Faktoren zu berücksichtigen. Die Größe der Bodenfläche spielt ebenso eine Rolle wie die Höhe des Raumes und die ganze Raumakustik. Stark gedämpfte Räume mit schallschluckenden Begrenzungsflächen, Teppichen, Polstermöbeln und Vorhängen verlangen viel höhere Leistungen als Räume mit

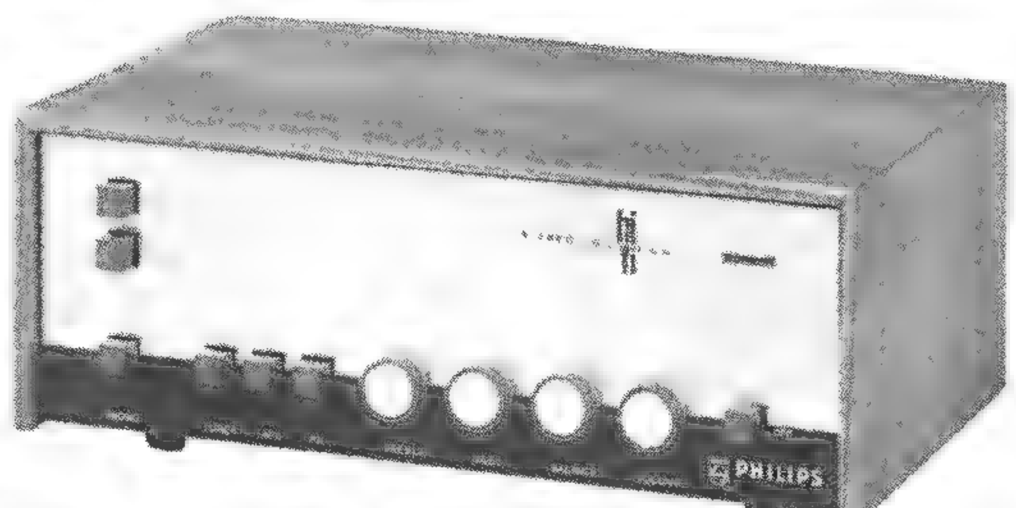
schallharten Wänden und viel Nachhall. Es geht oft nicht ohne den Rat eines Fachmannes. Der Käufer sollte großzügig bleiben und das leistungsfähigere Gerät bevorzugen: Die Wiedergabe wird es ihm danken. Dies gilt insbesondere dann, wenn er hochwertige Lautsprecher benutzen will. Sie haben heute — ebenfalls aus Qualitätsgründen — einen sehr geringen Wirkungsgrad und kommen erst mit hohen Verstärkerleistungen richtig zur Geltung.
Für die bereits behandelten Verzerrungen, den Frequenzgang, den Fremdspannungsabstand und die Dynamik geben die Normen Bestimmungen an, auf die bei der Wahl des Verstärkers zu achten ist. Beim Frequenzgang findet man oft Angaben, die erheblich über den Bereich hinausgehen, den unser Ohr aufnehmen kann. Viele Hersteller geben den Frequenzgang bis 50 000 Hertz und mehr an. Der Grund liegt darin, daß eine so weitgehend einwandfreie (das heißt: geradlinige) Frequenzwiedergabe einige andere Qualitäten garantiert, darunter die Verzerrungsfreiheit und die Phasenreinheit des Verstärkers. Phasenreinheit bedeutet, daß beim Durchgang durch den Verstärker keine Frequenzen zeitlich verzögert, also mit einer Phasenveränderung wiedergegeben werden. Aufschluß darüber geben die sogenannten Rechteck-Durchlaßkurven. Um sie zu ermitteln, werden in einem Signalgenerator Spannungsimpulse erzeugt, die von Null bis zum Maximalwert ohne zeitliche Verzögerung ansteigen und ebenso wieder auf Null zurückgehen. Im Diagramm erscheinen sie dann wie eine Folge von exakten Rechtecken. Diese werden in verschieden dichter Folge pro Sekunde (Rechteckfrequenzen) in den Verstärker eingegeben und mit Hilfe eines am Ausgang angeschlossenen Oszillografen betrachtet. Je nach den Abweichungen von der ursprünglichen Rechteckform — sie treten als Dachschrägen oder Höcker auf — kann dann auf die Qualität des Verstärkers geschlossen werden.
Die wichtigsten Bedienungsorgane sind auf der Frontplatte des Verstärkers zusammengefaßt. Dazu zählen: der Eingangswahlschalter (für den Übergang auf die verschiedenen angeschlossenen Programmquellen), der Betriebsartenschalter (mit dem auf Mono, Stereo, Stereo verkehrt einzustellen ist) oder Schalter für Filter (mit denen der Frequenzbereich beschnitten werden kann, falls schlechtere Programmquellen es erfordern). Alle diese Funktionen können auch mit Drucktasten statt mit Drehschaltern betrieben werden.
Eine ganze Zahl von Reglern dient der Beeinflussung der Wiedergabe. Von jedem Rundfunkgerät kennen wir die Klangregler, bei HiFi-Verstärkern selbstverständlich für Bässe und Höhen getrennt. Für die Stereofonie kann eine derartige Regelung auch noch gesondert für jeden Kanal ausgelegt sein. Damit läßt sich die Wiedergabe der Raumakustik anpassen. Dem gleichen Zweck dient auch die Balanceregelung, die gestattet, das akustische Gleichgewicht der beiden Lautsprecherboxen zu verändern. Für alle diese Regler

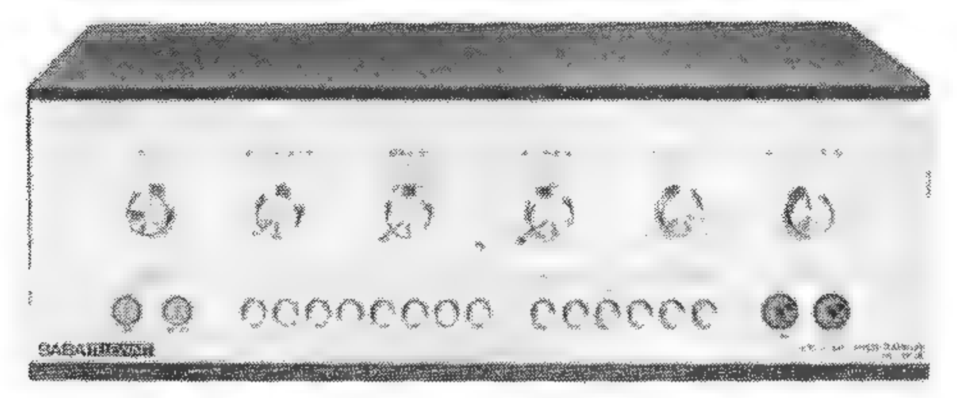
kann man in den Gerätedaten genauere Angaben über den Regelumfang, ausgedrückt in Dezibel, finden.
Der Lautstärkeregler ist als Tandemregler so ausgeführt, daß er die Einstellung für beide Kanäle mit einem Drehknopf besorgt. Bei anderen, getrennten Regelungen sind die Potentiometer so angeordnet, daß ihre Achsen ineinanderliegen und auf der Vorderseite – etwa mit Knopf und Knebel – getrennt bedienbar sind.
Zu den Bedienungsorganen, die nicht bei allen Geräten anzutreffen sind, gehören der Contour- oder Basisbreitenregler (der durch ein Vermischen der beiden Stereoinformationen den Stereoeffekt und damit die scheinbare Stereobasis ändert) oder der Monitor-Schalter (der bei angeschlossenen Tonbandgeräten mit drei Tonköpfen auf Hinterbandkontrolle schaltet).
Weniger oft zu bedienende Schalter oder Regler können entweder auf der Rückseite oder hinter einer Klappe unter der Frontseite angeordnet sein. Dazu gehören Regler zur Beeinflussung des Eingangspegels der Programmquellen, so daß diese dann beim Umschalten alle mit der gleichen Lautstärke wiedergegeben werden.
Bei den Lautsprecheranschlüssen ist unter verschiedenen Impedanzen wählbar. Sie beziehen sich auf den Wechselstromwiderstand der Lautsprecher und ermöglichen die beste Anpassung sowohl hinsichtlich des vorteilhaftesten Wirkungsgrades wie auch in bezug auf beste Frequenzwiedergabe. Fehlanpassungen von 1:2 können dabei jedoch vernachlässigt werden.
Zur besten Baßwiedergabe sollen die beiden Lautsprecherboxen der Stereofonie gleichphasig betrieben werden. Dazu kann man mit einem Schalter den Anschluß eines Lautsprechers umpolen. Um leicht die beste Polung zu finden, achte man einfach auf die bessere Baßwirkung.
Mikrofon- und Kopfhöreranschluß liegen auf der Vorderseite bequemer als rückwärts. Eine Anzeigelampe, die daran erinnert, daß ein Verstärker eingeschaltet ist, wird ebenfalls praktisch sein. Andere Anzeigen können erkennen lassen, ob die Kanäle der Stereofonie vertauscht sind oder nicht, oder ob die Anlage auf Mono geschaltet ist. Hier sind farbige Spielereien jeder Art erlaubt.
Vorteilhaft sind Verstärker mit mehreren Eingängen für Tonabnehmer, darunter ein Eingang für Kristalltonabnehmer. Ein Hilfseingang für eine beliebige andere Tonspannungsquelle und Direktanschlüsse für Tonköpfe in Tonbandgeräten ohne Vorverstärker gehören zu den komfortableren Geräten; ebenso Anschlüsse für eine Fernregelung und ein Nachhallgerät.
Sehr willkommen sind sekundäre Netzanschlüsse, die für andere Bausteine den Netzanschluß erleichtern. Sie können immer unter Spannung stehen oder als Kaltgeräteanschluß erst hinter dem Einschalter liegen.



Teakholz und Metall geben dem Philips GH 919 ein modernes Aussehen. Er ist volltransistorisiert, hat eine Leistung von 2 x 20 W und besitzt Eingänge für den Kassetten-Recorder und die Philicorda.

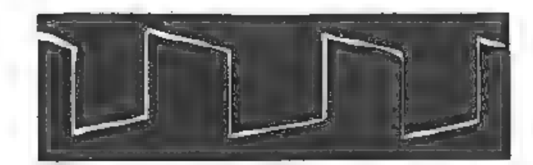
Zum Philips-HiFi-Programm gehört auch der Verstärker GH 923, dessen Äußeres ebenfalls durch ein Teakholzgehäuse und Metallfrontplatte bestimmt wird. Seine Ausgangsleistung beträgt 2 x 12 W.



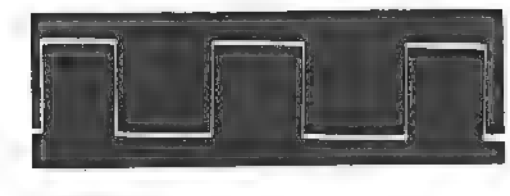


Der Saba-Telewatt TS-100/A ist das Ergebnis langjähriger Erfahrungen. Als Transistor-Verstärker liefert er eine Leistung von 2 x 25 W. Hochwertige Bauteile garantieren eine hohe Betriebssicherheit.

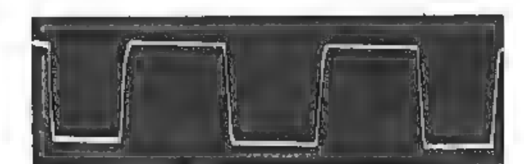
Höckerkurven verraten die Qualität des Verstärkers



40 Hz



1000 Hz



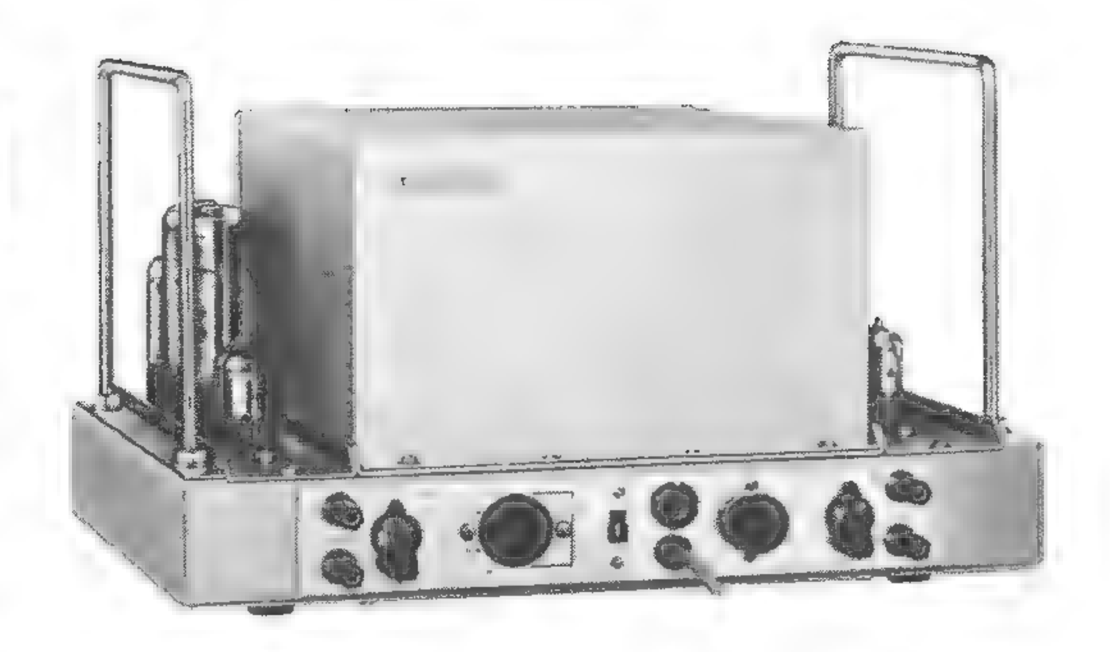
10 000 Hz



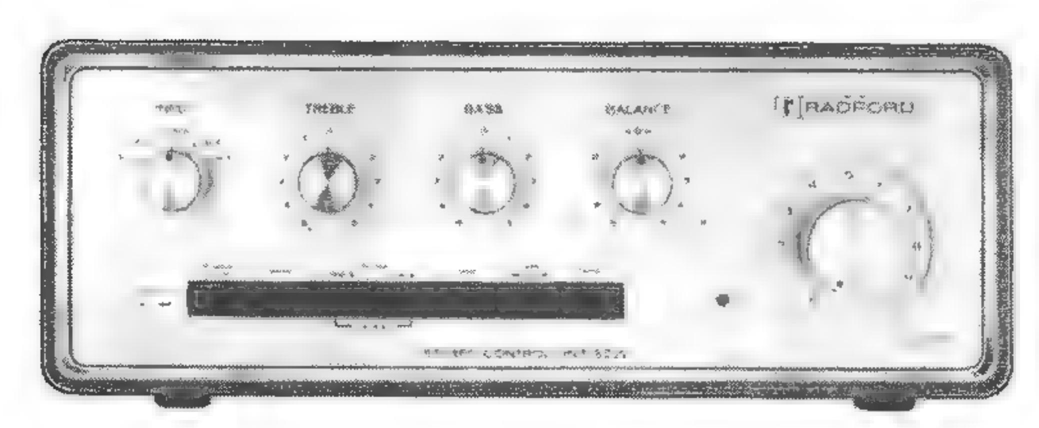
20 000 Hz

Die Rechteck-Frequenzen eines Signalgenerators werden in den Eingang des Verstärkers eingespeist. Die verstärkten Impulse werden am Ausgang mit Hilfe eines Oszillografen gemessen. Je geringer die Abweichungen von der Rechteckform sind, desto besser der Verstärker.

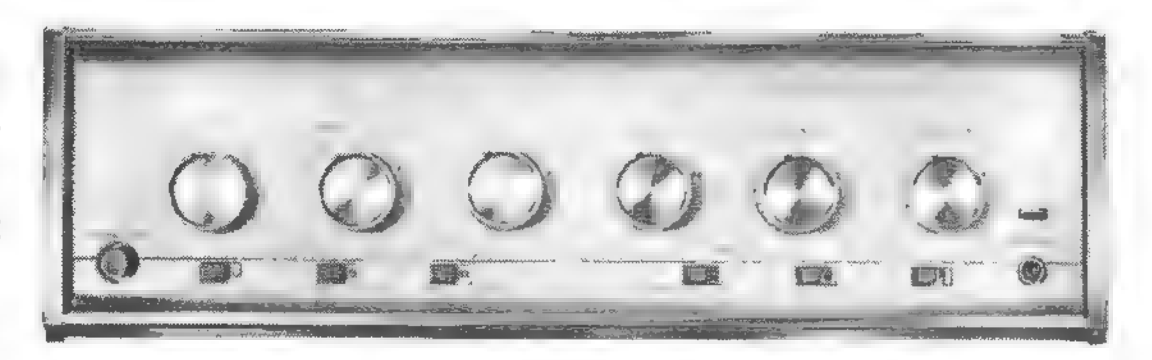
Verstärker



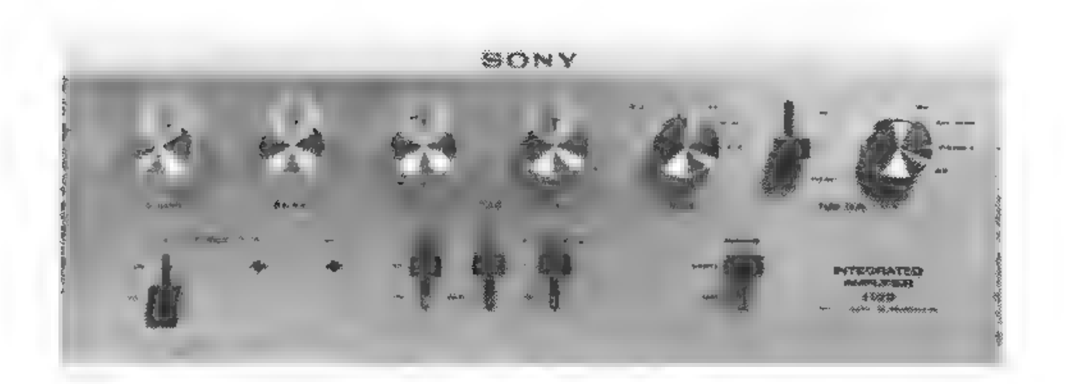
Von Radford stammt dieser röhrenbestückte Endverstärker, der in zwei verschiedenen Ausführungen (2 x 15 und 2 x 25 W) geliefert wird. Es ist ein typisch englisches Gerät und von bester Qualität.



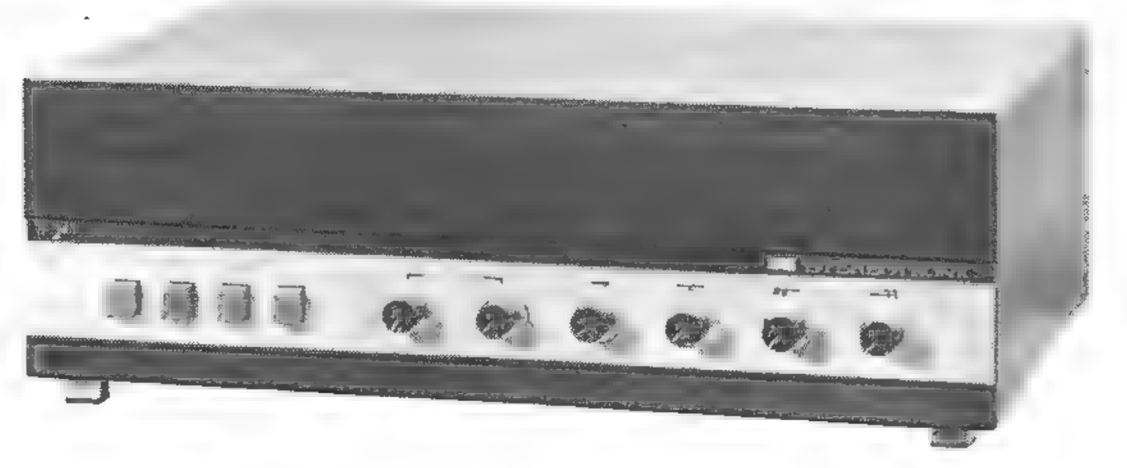
Der Radford-Vorverstärker ist ebenfalls mit Röhren bestückt und kann als sogenannte Control Unit von den Endstufen getrennt aufgestellt werden. Dadurch kann man den Bedienungsteil der Stereoanlage auf kleinem Raum unterbringen.



Sherwood bietet im Rahmen des Thorens-Programms drei volltransistorisierte Verstärker an. Sie leisten 2 x 18, 2 x 35 und 2 x 55 W. Damit ist diese Marke wieder mit modernen Geräten auf dem Markt.



Der neue Sony TA-1120 ist eine besondere Delikatesse für den HiFi-Fan. Er leistet 2 x 50 W (die ähnliche Type TA-1080 2 x 35 W) bei allerbesten Wiedergabedaten. Der grundsolide Aufbau macht jedem Techniker und Amateur Freude.



Stereotronic gibt der Technik ein wohnliches Kleid, das besonders beim Verstärker STV 101 zum Ausdruck kommt. Er ist volltransistorisiert. Seine Leistung: 2 x 9 W.

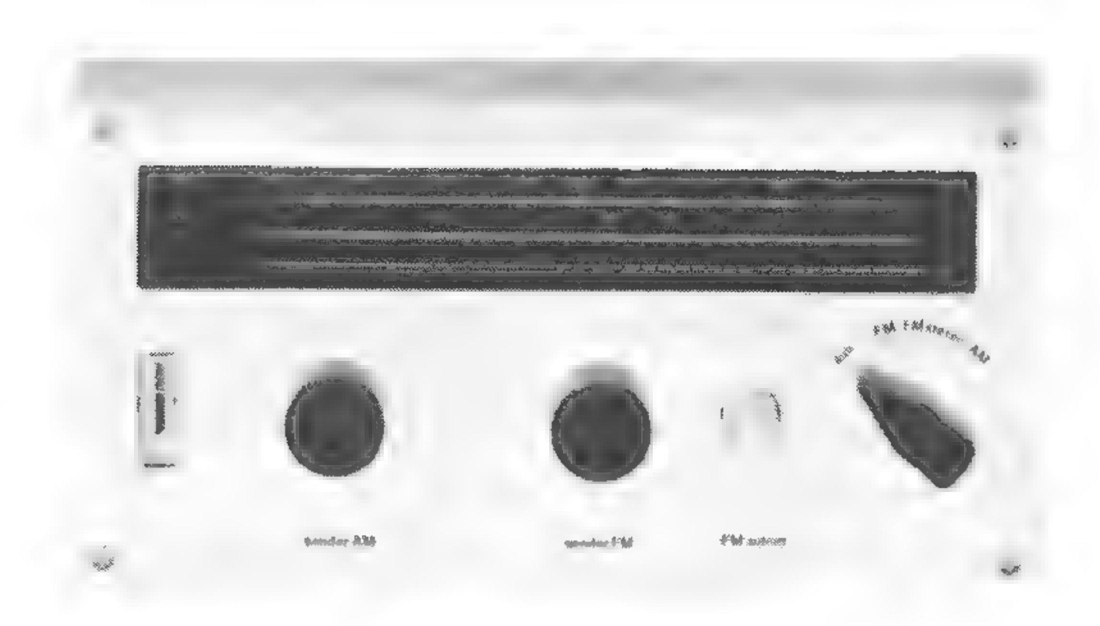
Tuner - Programmquelle Nr. 2

Tuner — die Bezeichnung kommt von dem englischen Zeitwort to tune = abstimmen — sind Rundfunkgeräte, die um den Niederfrequenzteil und die Lautsprecher amputiert worden sind. Sie enthalten den Hochfrequenzempfangsteil, den Zwischenfrequenzverstärker und den Demodulator und liefern ein Tonfrequenzsignal in geeigneter Spannung an den Verstärker.
Tuner kamen in Mode, als der UKW-Rundfunk mit seiner hohen Wiedergabequalität eine weitere Programmquelle bot, die zur HiFi-Anlage paßte. Zahlreiche Modelle sind deshalb auch heute noch reine UKW-, also FM-Tuner, die noch sorgfältiger als übliche Rundfunkempfänger darauf konstruiert sind, die höchstmögliche Empfangsqualität zu erreichen. Gleichzeitig erleichtern sie mit breiter Skala, einwandfreier Abstimmanzeige und leichtgängigem Schwungradantrieb die Bedienung.
Inzwischen haben viele Geräte ihren Empfangsbereich durch Hinzufügen eines AM-Teiles erweitert, der am besten auch gleich einen eigenen Antrieb und eine zweite Skala besitzt. Im AM-Teil, dessen Qualität selbstverständlich immer unter der des UKW-Teils bleibt, kann dann noch neben dem Mittelwellenempfang der Empfang von Lang- und Kurzwellen vorgesehen sein.
Mit der Einführung des Stereorundfunks hat der Tuner erst seine volle Bedeutung erlangt. Ungestört empfangene Stereosendungen können einen hohen musikalischen Genuß bereiten. Sie sind auch willkommene Gelegenheiten für Tonbandaufzeichnungen.
Die Qualität der angebotenen Tuner streut leider sehr weit. Auch bei sorgfältiger Beachtung der Datenangaben besteht noch keine sichere Gewähr für bestmöglichen Empfang. Wichtiger noch als die Beschränkung der Wahl auf nur renommierte Fabrikate ist die Erprobung an der eigenen Antenne.

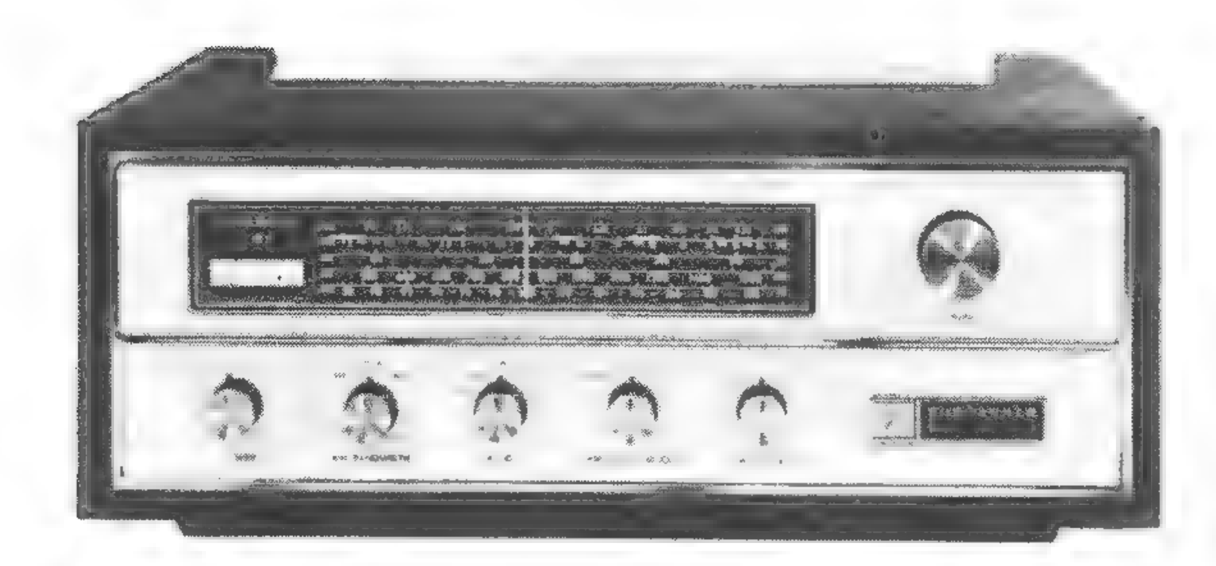
Was muß ein Tuner leisten?

Eine Reihe grundsätzlicher Anforderungen läßt allerdings schon eine weitgehend zuverlässige Vorentscheidung zu. Da vielfach schlechte Empfangsbedingungen vorliegen und zudem noch die Neigung zum Fernempfang verständlich ist, muß eine hohe Eingangsempfindlichkeit verlangt werden. Sie gibt an, wie gering die Antennenspannung sein darf, um noch einen einwandfreien Empfang zu ergeben. Gemessen wird sie in Mikrovolt (μV) und muß

Tuner

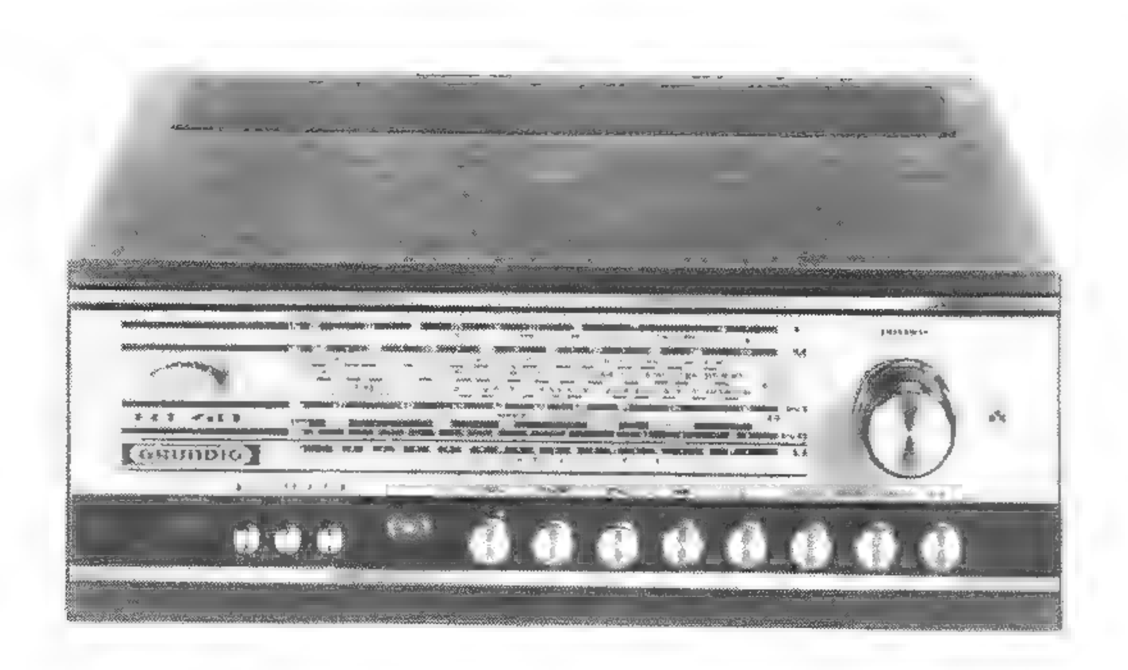


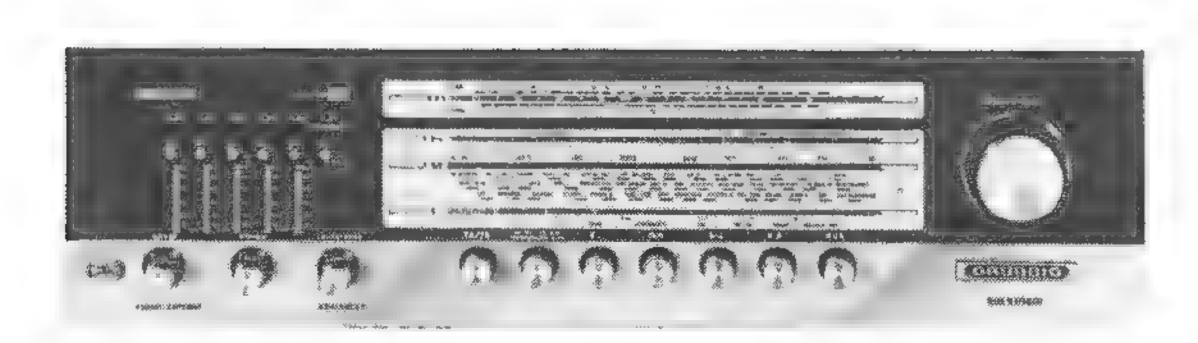
Der CE 16 von Braun ist transistorisiert und erlaubt neben UKW- auch Mittelwellenempfang. Für noch höhere Ansprüche ist der CE 1000 konstruiert worden.



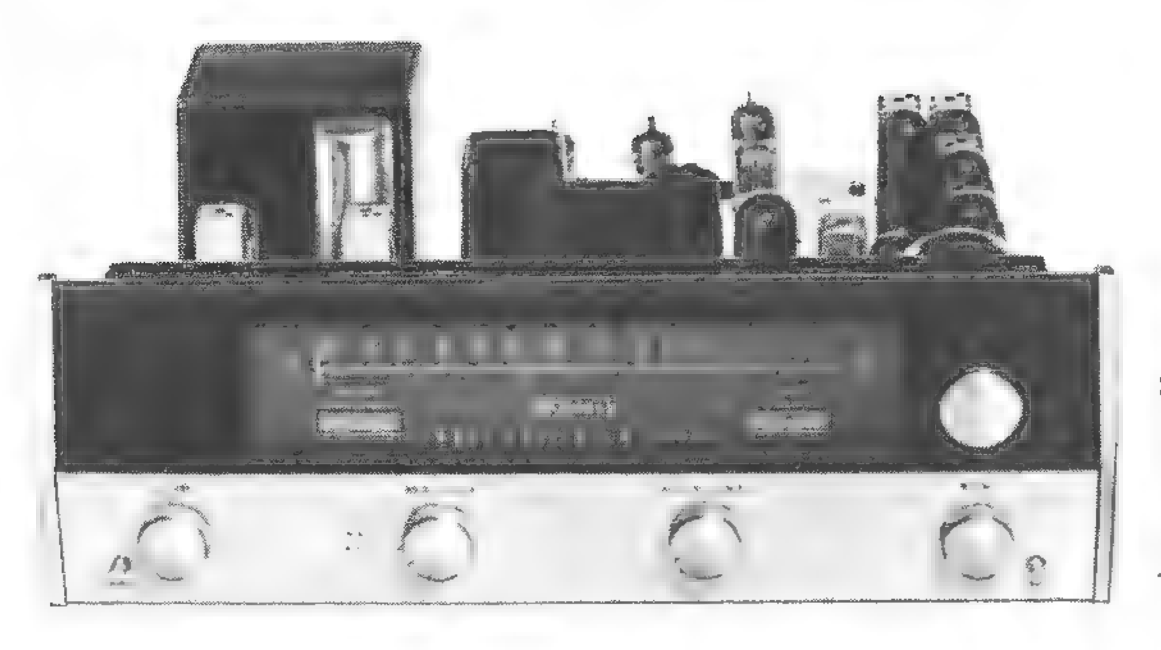
Überzeugende Empfangsleistungen bietet der Fisher R-200-B auf UKW, Mittel-, Kurz- und Langwelle sowie auf einem gespreizten 49-Meter-Band.

Der volltransistorisierte Grundig-Tuner RT 40 überzeugt durch die Rauschfreiheit seines Stereoempfangs. Neben der UKW-, Mittel- und Langwellenskala besitzt er noch zwei Kurzwellenskalen.

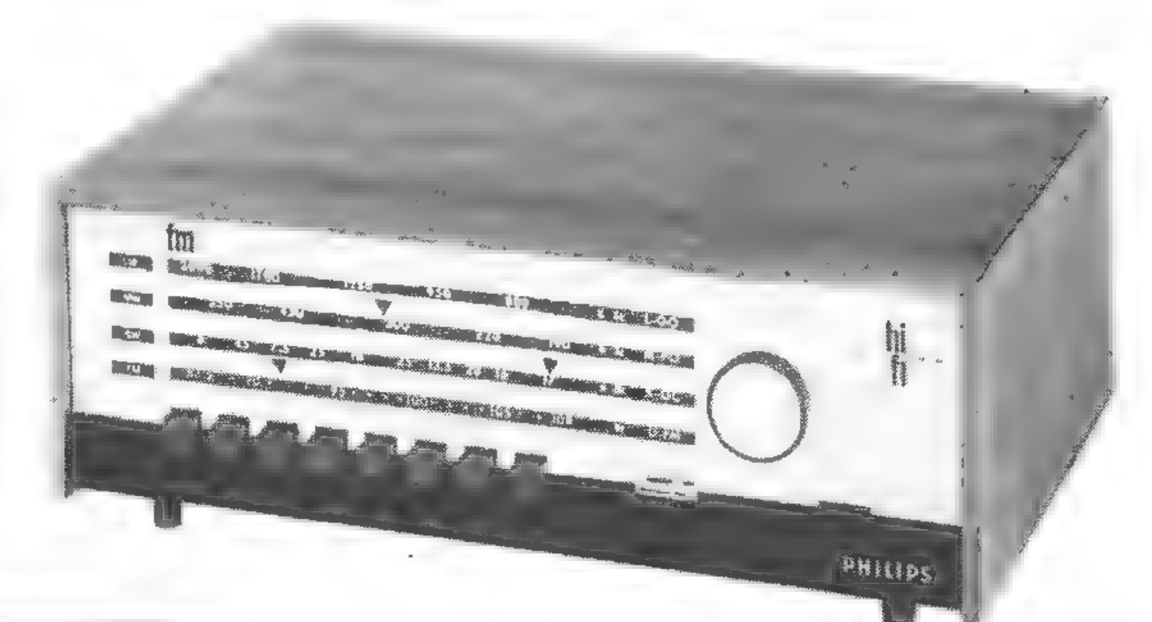




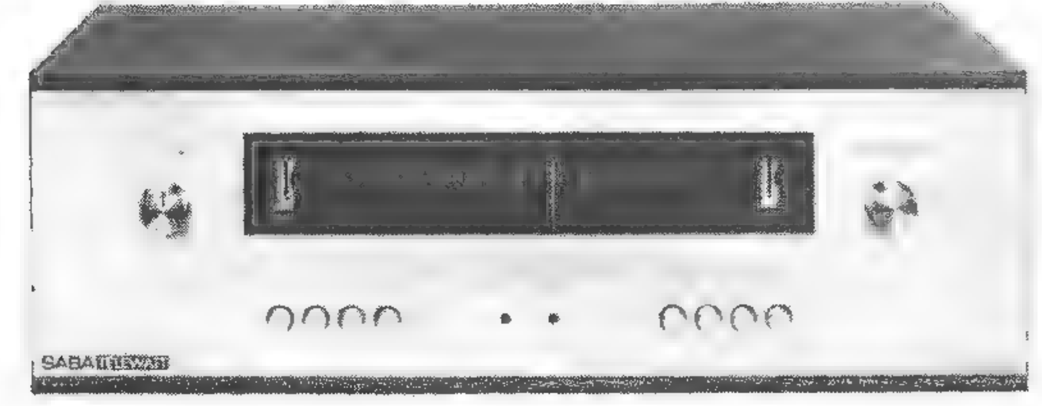
Der Grundig HF 300 verfügt über UKW-, Kurz-, Mittel- und Langwellenskalen und zeichnet sich durch fünf vorwählbare UKW-Einstellungen aus, die dann durch Tastendruck leicht einzuschalten sind.



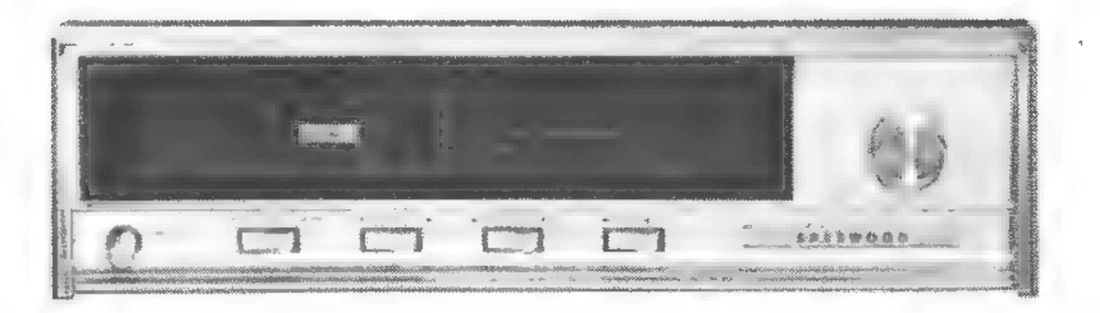
Spezialisiert auf den UKW-Bereich ist das mit Röhren bestückte Gerät MR 71 von McIntosh. Dieser Spitzen-Tuner wird im Rahmen des Thorens-Programms vertrieben.



Vier Wellenbereiche (UKW, KW, MW und LW) besitzt der Philips-Tuner GH 924, der zu den im vorhergehenden Kapitel genannten Verstärkern paßt.



Auf höchste Qualität und größte Empfangsreichweite gezüchtet ist der Saba-Telewatt-Tuner FM 2000 A. Ein etwas kleineres Gerät aus diesem Programm trägt die Bezeichnung FM 200 A.



Im Thorens-Programm findet man den neuen Sherwood-Tuner S-3300. Er ist volltransistorisiert und paßt zu dem entsprechenden Verstärker.



Der Stereotronic-Tuner STT 102 ist für drei Empfangsbereiche ausgelegt: FM breit, FM schmal und Mittelwelle. Damit wird der Rundfunkempfang zu einer besonderen Freude.

für einen festgelegten Signal/Rauschabstand gelten. Da ein hochempfindlicher Eingang aber vom Ortssender übersteuert würde, muß für eine selbsttätig wirkende Signaldämpfung als Übersteuerungsschutz gesorgt sein.
Die Trennschärfe zwischen benachbarten oder auch bestimmten weitab liegenden Frequenzen — im letzteren Fall spricht man von der Spiegelselektion — wird von den Vorkreisen, den abstimmbaren Kreisen und der Bandbreite des Zf-Verstärkers bestimmt. Verringerte Bandbreite erhöht die Selektivität, sie engt aber den Tonfrequenzbereich ein, so daß für beste Wiedergabe eine Bandbreitenumschaltung wertvoll ist.
Im eigentlichen Abstimmteil — das ist alles, was vor dem Zf-Verstärker liegt — kann durch sorgfältige Auslegung viel erreicht werden. Die meisten Qualitätstuner verwenden dort auch für FM Mehrfachdrehkondensatoren — drei oder vier auf einer Achse — und hochempfindliche, rauscharme Transistoren, unter denen die neuen Feldeffekttransistoren hervorragende Leistungen zeigen.
Bei FM stört besonders das während des Durchstimmens zwischen den Stationen auftretende Rauschen. Auf seine Unterdrückung ist Wert zu legen. Es gibt Geräte, die dafür eine abschaltbare Rauschsperre besitzen. Meist bringt sie aber auch eine Minderung der Empfangsleistung.

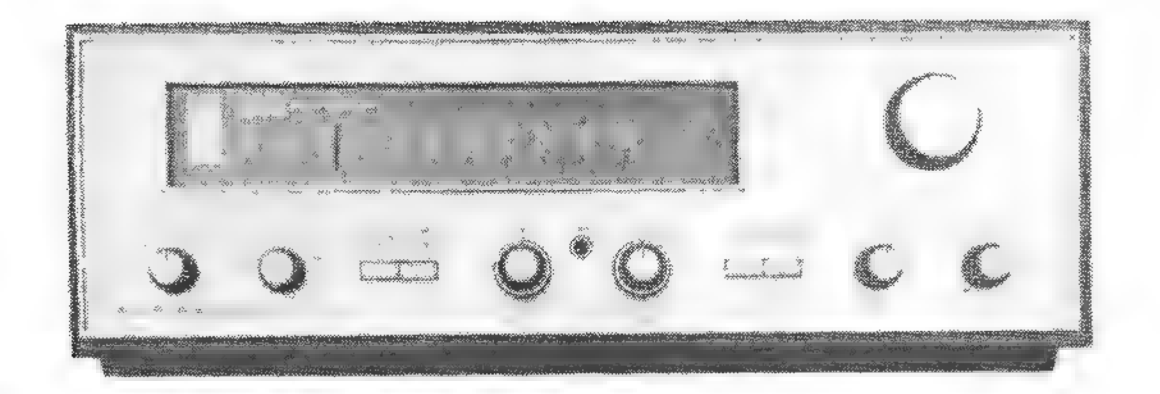
Erhöhter Komfort durch Abstimmautomatik

Besonders zu schätzen ist die automatische Scharfabstimmung (AFC = Automatic Frequency Control), die bei FM mit Hilfe der Kapazitätsdiode möglich ist. Diese Diode verändert ihren Kapazitätswert je nach der an ihr liegenden Spannung. Man kann sie deshalb auch als Abstimmelement verwenden. Es werden Empfänger gebaut, die eine ganze Reihe von Kapazitätsdioden verwenden, von denen sich jede einzelne mit einem Potentiometer auf einen gewünschten Sender abstimmen läßt. Jeden derartigen Abstimmkreis kann man mit einer Drucktaste einschalten, so daß eine ganze Anzahl vorgewählter Sender über Tasten erreichbar ist.
Die automatische Scharfabstimmung verhält sich beim Durchstimmen wie eine Kugel, die von einem Loch in das benachbarte rollt, aber dazu erst die Wand des Loches hochlaufen muß, ehe sie heraus kann. Wie weit eine Abstimmung zu verändern ist, bis ein Sender 'losgelassen' wird, und wie weit man an einen Sender herankommen muß, bis die Scharfabstimmung auf ihn überschaltet, das wird durch den Einfangbereich bestimmt, der in Hertz angegeben ist. Bei der Abstimmung kann es also vorkommen, daß schwache Sender einfach durch den Einflußbereich eines in der Nähe liegenden stärkeren 'überrollt' werden. Ebenso kann der Empfänger ganz allein von einem Sender zum anderen überwechseln.

Eine weitere Art der AFC bietet die Automatische Motorelektronik von Saba. Dabei steuert ein Motor die Abstimmung auf ein Optimum. Der Motor selbst wird durch eine elektronische Abtastung der Abstimmkurve gesteuert. Das Verfahren ist weit aufwendiger, hat aber den Vorteil, auf allen Wellenbereichen, auf FM und AM, zu arbeiten. Es liefert auch die Möglichkeit eines motorisierten Sendersuchlaufes und der Fernsteuerung.
Die Störunterdrückung bei FM durch die Begrenzerschaltung wurde bereits in einem vorhergehenden Kapitel behandelt. Ihre Wirksamkeit hängt in hohem Maße auch von einer exakten Abstimmung des Empfängers ab. Hochwertige Tuner verwenden als Abstimmanzeige oft Meßinstrumente. Vielen Benutzern gefällt das technische Aussehen solcher Frontplatten mit Instrumenten. Diese Art der Kontrolle bietet aber auch Vorteile, da der größte Ausschlag eines Instruments viel deutlicher feststellbar ist als die optimale Anzeige beim Magischen Band.
Auf weitesten Ausschlag werden nur die Instrumente eingestellt, die die Antennenspannung beziehungsweise die Feldstärke vermitteln. Es gibt auch Geräte mit zwei Meßinstrumenten. Das zweite sorgt für eine noch genauere Abstimmung im FM-Teil. Es zeigt den Nulldurchgang der Demodulatorkurve des Ratiodetektors an und ermöglicht eine ebenso bequeme wie genaue Abstimmung. Sein Zeiger pendelt um eine Mittellage, die mit Null bezeichnet ist, und muß mit der Abstimmung genau auf Null gebracht werden.
Der richtig abgestimmte Stereotuner ist auch damit auf den besten Wert seiner Kanaltrennung gebracht, die bekanntlich für den Stereoeffekt, die Durchsichtigkeit und die Brillanz der Wiedergabe verantwortlich ist. Stereosender halten bei gutem Signal eine Übersprechdämpfung von 30 dB bis zur Frequenz von 10 Kilohertz ein. Stereoverstärker erreichen bis zu 60 dB. Da der Wert aber frequenzabhängig ist, gibt man korrekterweise Übersprechwerte für verschiedene Frequenzen an.
Eine hohe Ausgangsspannung macht den Anschluß an Verstärker unterschiedlicher Eingangsempfindlichkeit unkritisch. Praktisch sind Tuner, die im Ausgang eine Katodenfolgerstufe – bei Transistoren spricht man von einer Emitterfolgerstufe – besitzen. Diese verhindert Rückwirkungen auf den Demodulator und ergibt einen niederohmigen Ausgang, bei dem auch das angeschlossene Verbindungskabel keinen Einfluß mehr auf die übertragenen Tonfrequenzen hat.
Bei der Entscheidung, ob man Röhren- oder Transistorentuner wählen soll, paßt man sich am besten dem nachfolgenden Verstärker an. Die Zusammenschaltung unterschiedlich bestückter Geräte ist unbequem. Außerdem kann dann der Vorteil der sofortigen Startbereitschaft des Transistors nicht mehr ausgenutzt werden.

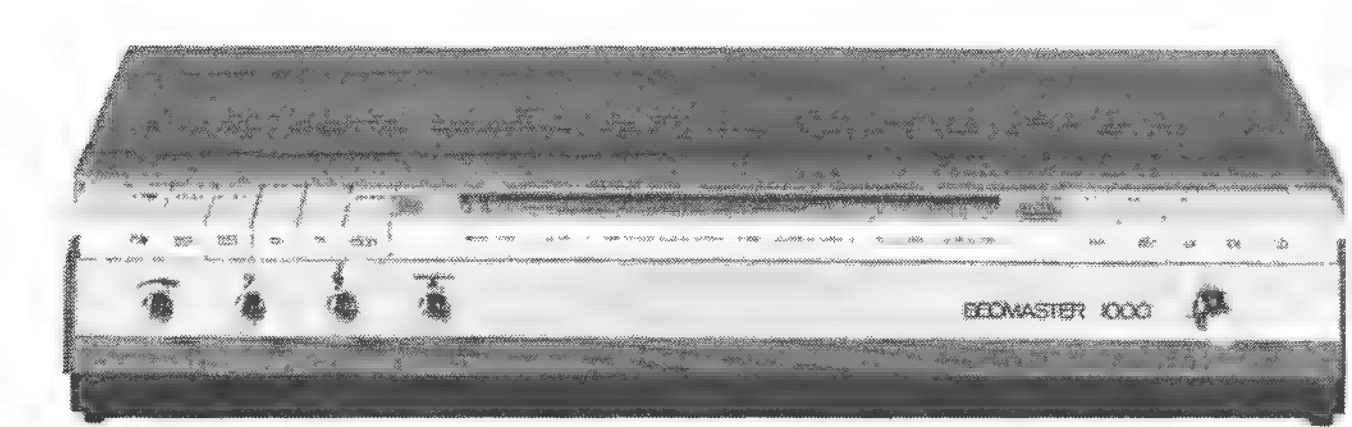
Keine Qual mit der Bausteinwahl

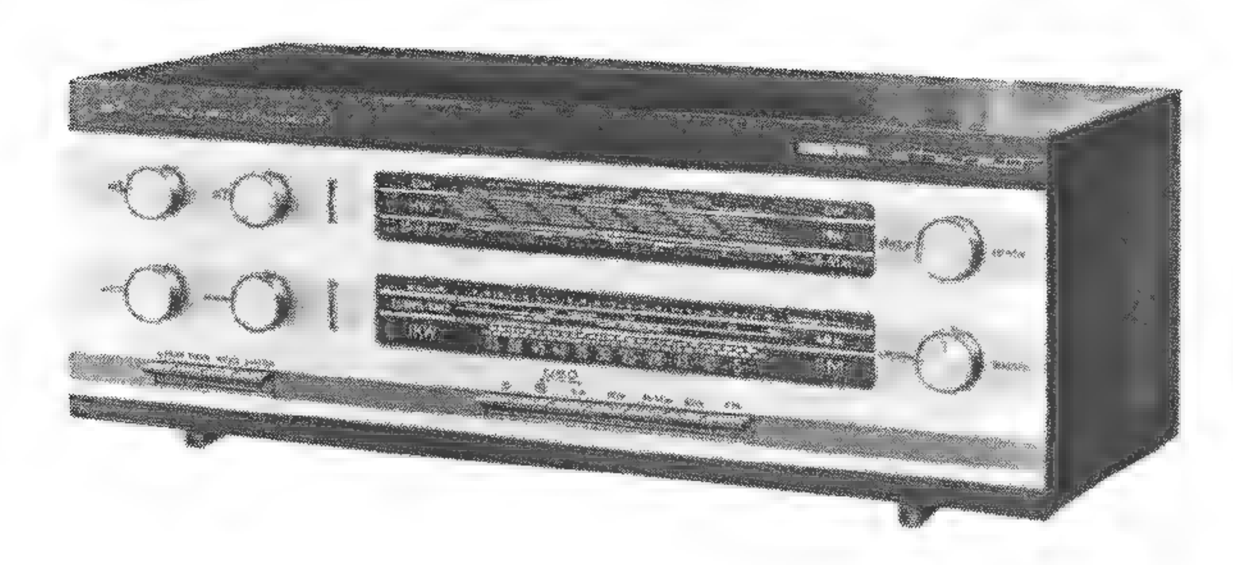
Wenn sich die HiFi-Spezialisten angewöhnt hatten, Endverstärker, die mit Vorverstärkern auf einem Chassis vereint waren, als Kompaktverstärker zu bezeichnen, so sind Steuergeräte noch kompaktere Konstruktionen. Bei ihnen ist die ganze Elektronik einer HiFi-Anlage zusammengefaßt; Tuner und Verstärker befinden sich in einem Gehäuse.
Äußerlich sehen sie aus wie Verstärker, in deren Frontplatte noch die Skalen eines Tuners eingesetzt sind. Auch die Zahl der Bedienungselemente hat sich vermehrt. Man kann die Steuergeräte auch als Stereorundfunkempfänger ohne Lautsprecher ansehen, deren Niederfrequenzverstärker für HiFi-Ansprüche gebaut ist.
Steuergeräte sollen demnach in ihrem Empfangsteil und in ihrem Verstärker genau die Punkte erfüllen, die im einzelnen bei den Abhandlungen über Tuner und Verstärker gefordert wurden. In vielen Ausführungen werden sie dank der Transistorisierung kaum größer als die Verstärker selbst. Andere Hersteller haben den Wert großer, übersichtlicher Skalen erkannt und scheuen deshalb nicht vor einer Vergrößerung des Gerätes zurück. Wieder andere nutzen die Gelegenheit zum Bau eines auch in den Dimensionen respektablen Gerätes, das die Universalität seines Inhalts auch äußerlich dokumentiert.
Wie der Name schon erkennen läßt, sind solche Geräte tatsächlich die elektronischen Steuerzentralen einer HiFi-Stereoanlage. Von hier aus wird im wahrsten Sinne des Wortes Regie geführt. Man kann die verschiedenen Programmquellen auswählen, Klangvolumen und Klangbild der ganzen Wiedergabe bestimmen, die Stereofonie von einer Seite zur andern umwechseln, sogar die scheinbare Entfernung der Lautsprecher mit einer Knopfdrehung verändern. Sind alle Ein- und Ausgänge beschaltet, das heißt: alle denkbaren Hilfsgeräte angeschlossen, ist dem akustischen Zauberspiel keine Grenze mehr gesetzt. Aufnahme, Wiedergabe, Einblendungen, Überspielungen, Verhallen — alles kann vom Platz des Steuergerätes aus dirigiert werden. Für viele Funktionen läßt sich die Anlage sogar von einer Sitzecke aus fernbedienen.
Aber auch wenn man die Wiedergabemöglichkeiten der gesamten Anlage nicht ausnutzen möchte oder aus Rücksicht auf andere auf die Lautsprecherwiedergabe verzichtet, kann man die Vielseitigkeit dennoch ausnutzen. In voller Qualität bleibt die Wiedergabe in Stereo auch im Kopfhörer erhalten, für den fast alle Geräte Anschlüsse besitzen.



RTX 400 von 'audioson kirksaeter' ist ein transistorisiertes Gerät für den UKW-Empfang mit einer Verstärkerleistung von 2 x 25 W. Der RTX700 liefert die doppelte Leistung.

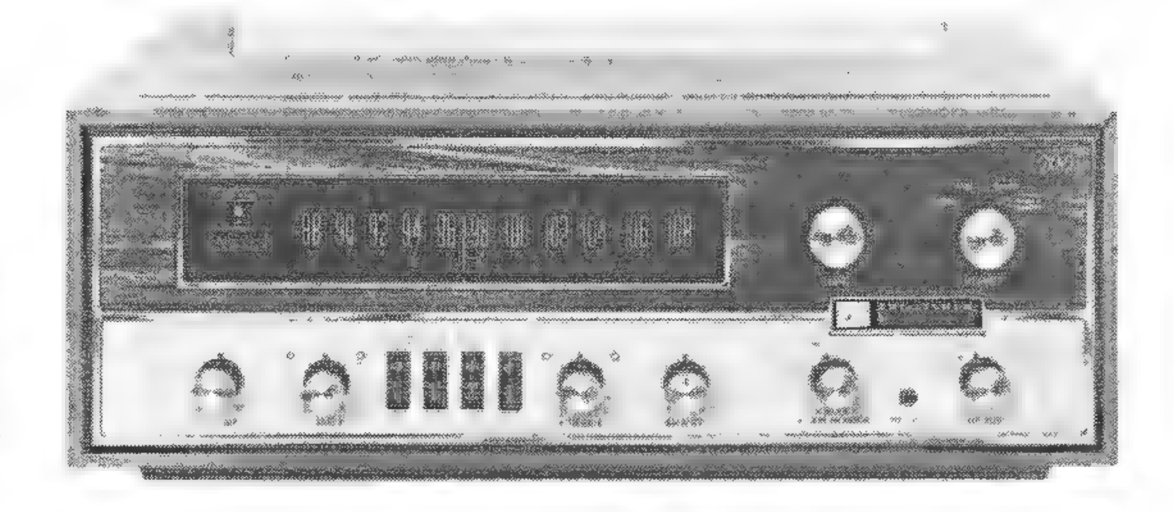
Bang & Olufsen hat mit dem Beomaster 1000 ein extrem flaches, nur 87 mm hohes Steuergerät geschaffen. Sein Verstärker gibt an die Lautsprecher eine Leistung von 2 x 15 W ab.





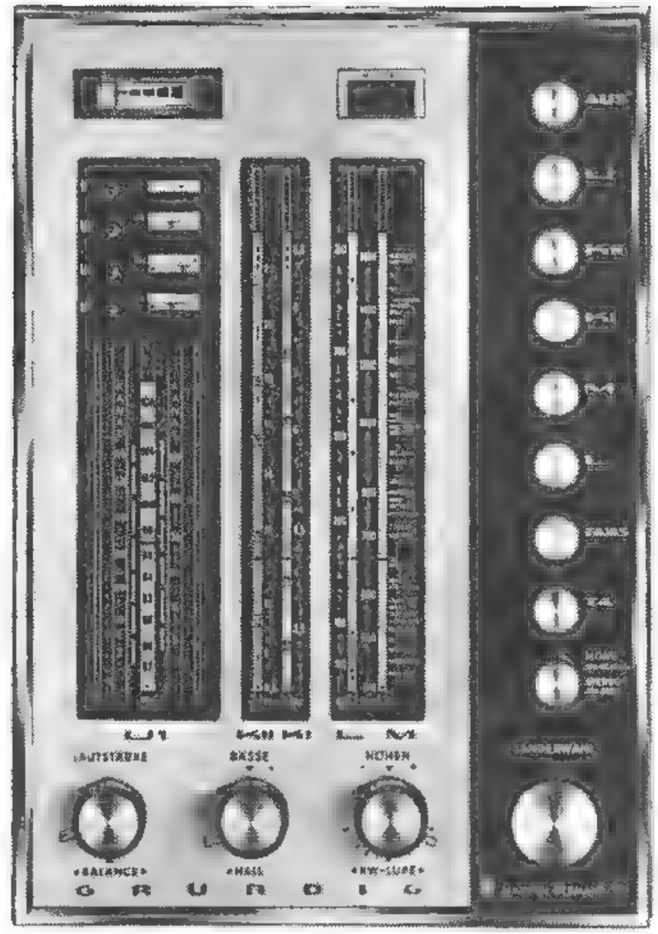
Der Santiago von Blaupunkt verfügt über vier Wellenbereiche und ein gespreiztes 49-Meter-Band. Sein Verstärker liefert 2 x 12 W.

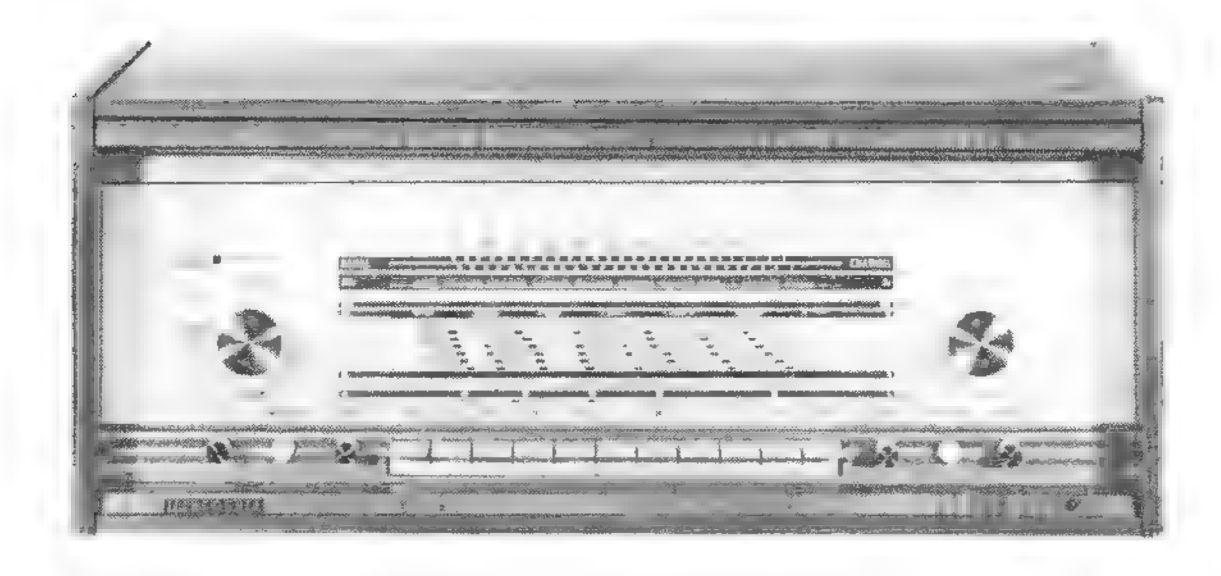
Im Elac-Programm gibt es eine ganze Reihe von Steuergeräten der Firma Fisher. Das Gerät 700 T hat eine Leistung von 2 x 50 W und besticht durch seine aufwendige Konstruktion.



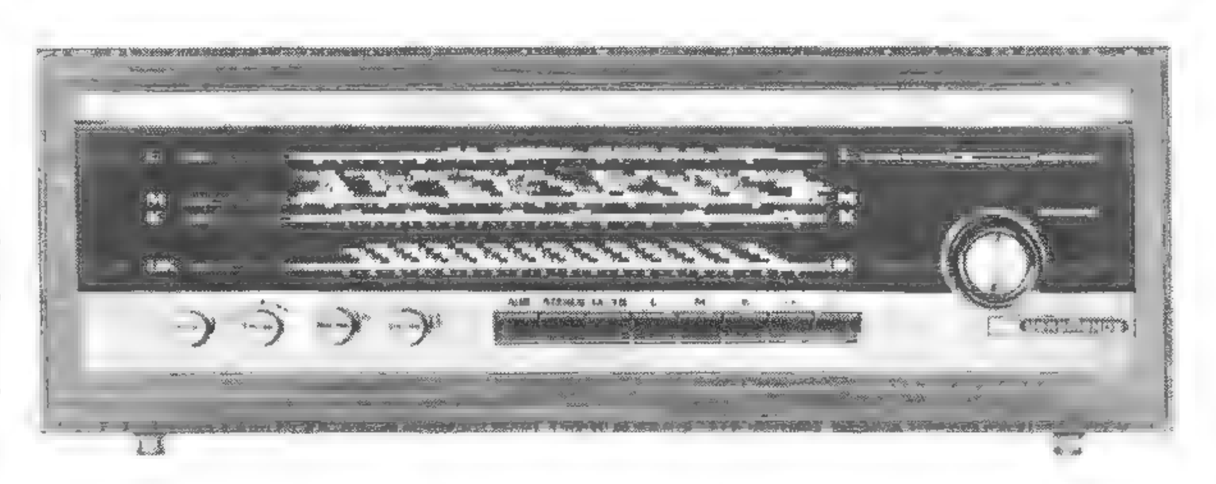
Steuergeräte

Als Transistor-Einbaugerät stellt Grundig das Chassis HF 500 vor, das für den UKW-Bereich eine Hauptskala und drei vorwählbare UKW-Drucktasten besitzt sowie 2 x KW, MW und LW. Der Verstärker liefert eine Leistung von 2 x 10 W.

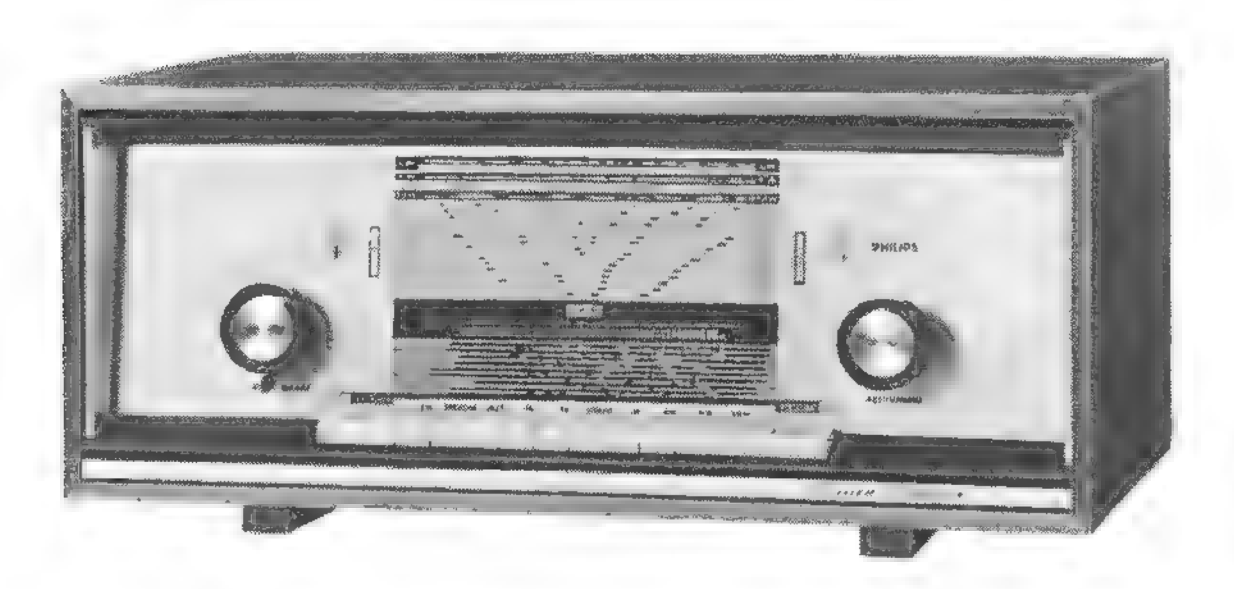




Mit Röhren und Transistoren bestückt ist das Steuergerät LO 50 TR von Loewe-Opta. Sein Verstärker liefert 2 x 20 W. Der Empfang ist auf allen vier Wellenbereichen möglich.

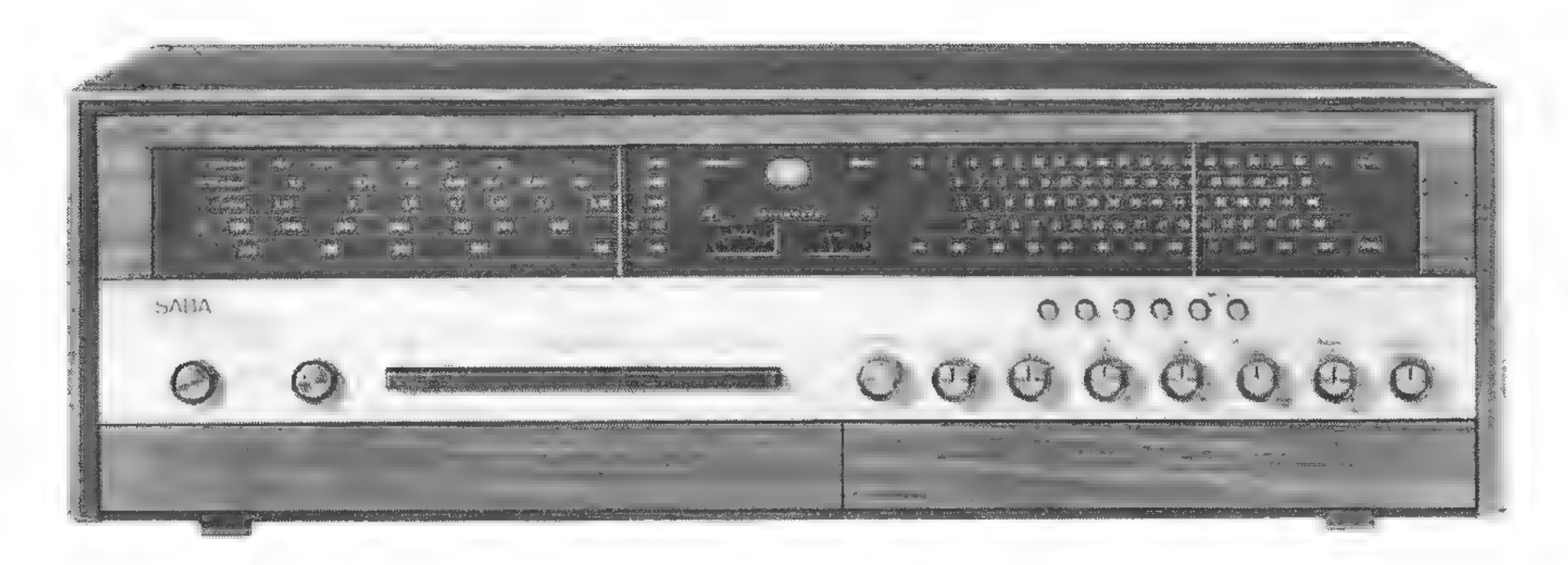


Das Steuergerät 3007 von Nord-Mende ist mit Röhren bestückt und besitzt alle vier Wellenbereiche. Die Ausgangsleistung seines Verstärkers beträgt 2 x 7 W.

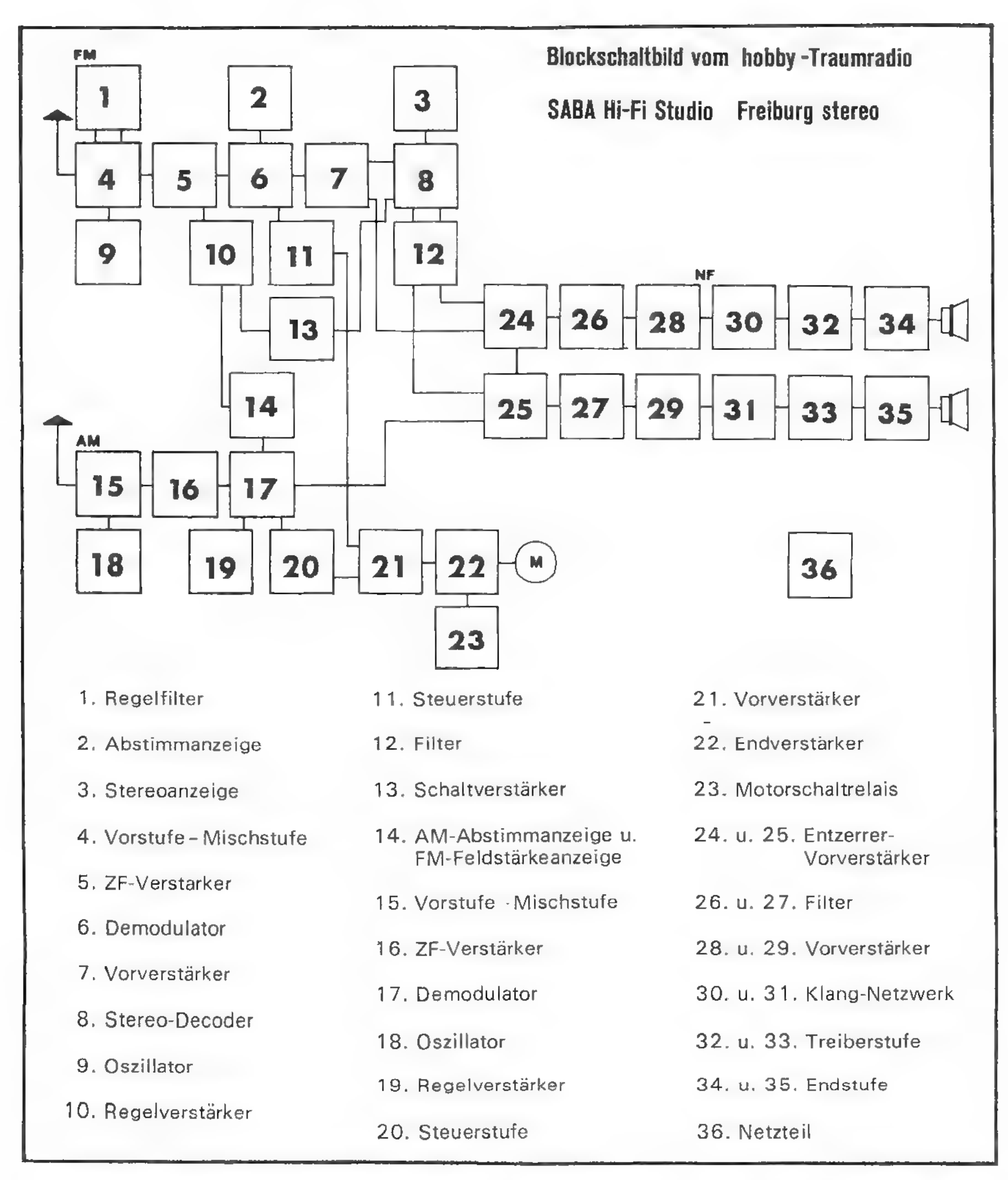


Mit Röhren bestückt sind die Philips-Tonmeister-Geräte, die auch alle Wellenbereiche enthalten. Hier das kleinste Gerät, der Saturn, mit der Verstärker-Ausgangsleistung von 2 x 4,5 W.

Hat das Gerät einen leistungsfähigen Rundfunkteil, lohnt sich der Anschluß eines kleinen Monitor-Lautsprechers. Fernempfangsversuche oder das Abhören von Nachrichten brauchen dann nicht über die großen Lautsprecherboxen zu laufen. Selbst Transistorgeräte, die an ihre Lautsprecher eine Leistung von 2×40 Watt liefern können und dabei etwa 150 Watt aus dem Netz beziehen, reduzieren beim Kopfhörer oder Monitor-Lautsprecher ihren Strombedarf bis auf 35 Watt und weniger.
Steuergeräte vereinen eine respektable Zahl von Baugruppen. Darunter wollen wir Schaltungseinheiten verstehen, die, funktionsmäßig zusammengefaßt, das durchlaufende Signal sozusagen aufbereiten. Sie werden in den schematischen Blockschaltbildern als Kasten dargestellt und ermöglichen einen weitgehenden Einblick in die Arbeitsweise und Leistungsfähigkeit eines Gerätes.
Als Beispiel sei das Blockschaltbild eines Steuergerätes der Spitzenklasse gezeigt (siehe die schematische Zeichnung auf der nächsten Seite). Es ist das Traumradio der hobby-Leser, deren Wünsche aus einigen Waschkörben voll Zuschriften herausgelesen und von Saba im *HiFi-Studio-Freiburg Stereo* verwirklicht wurden.
Wer sich mit einiger Geduld auf das Blockschaltbild konzentriert, erkennt die wesentliche Unterteilung dieses Gerätes in die beiden vollständig getrennten Empfänger für FM und AM, den für die Stereofonie doppelt ausgelegten Niederfrequenzverstärker sowie die Hilfsgruppen der Motorelektronik und der Netzstromversorgung.

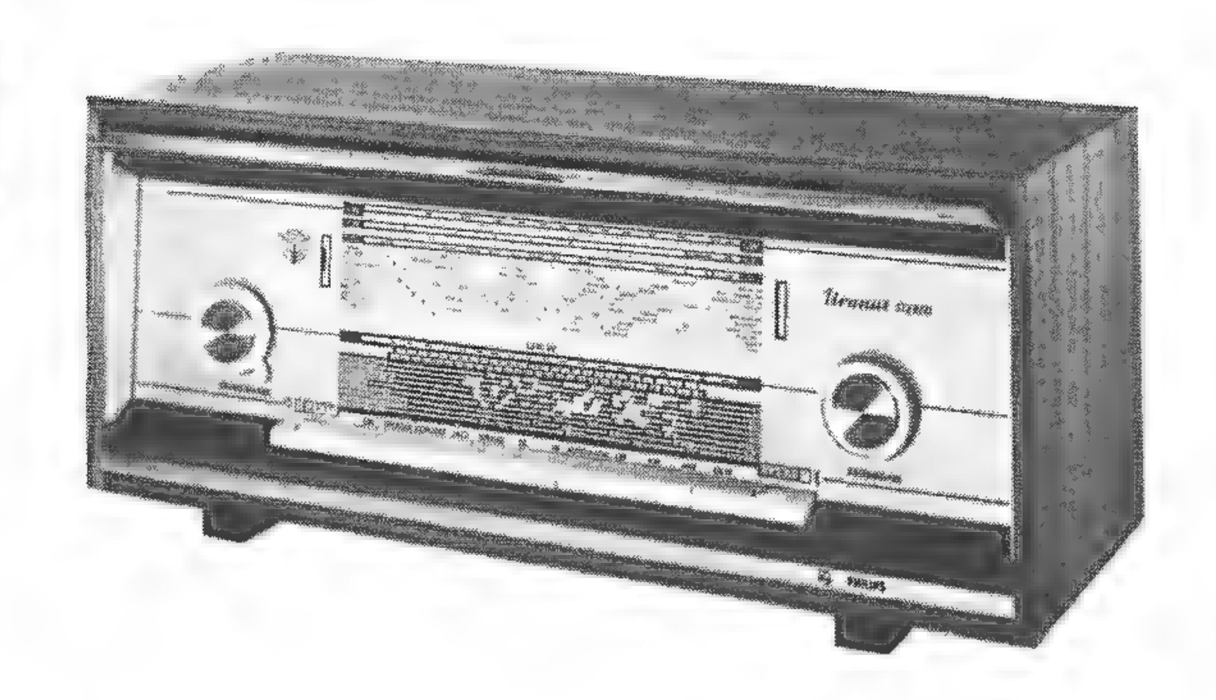


Als Traumradio der hobby-Leser ist der Saba-HiFi-Studio-Freiburg mit seinen 65 Transistoren und 32 Dioden ein schaltungstechnisches Wunderwerk. Vier Wellenbereiche, gespreizte Kurzwellenbänder, automatische Motorelektronik mit Scharfabstimmung für alle Bereiche sowie vielseitige Einstell- und Umschaltmöglichkeiten — das sind einige Kennzeichen des Gerätes mit Fernbedienung. Der Verstärker liefert 2 x 30 W.

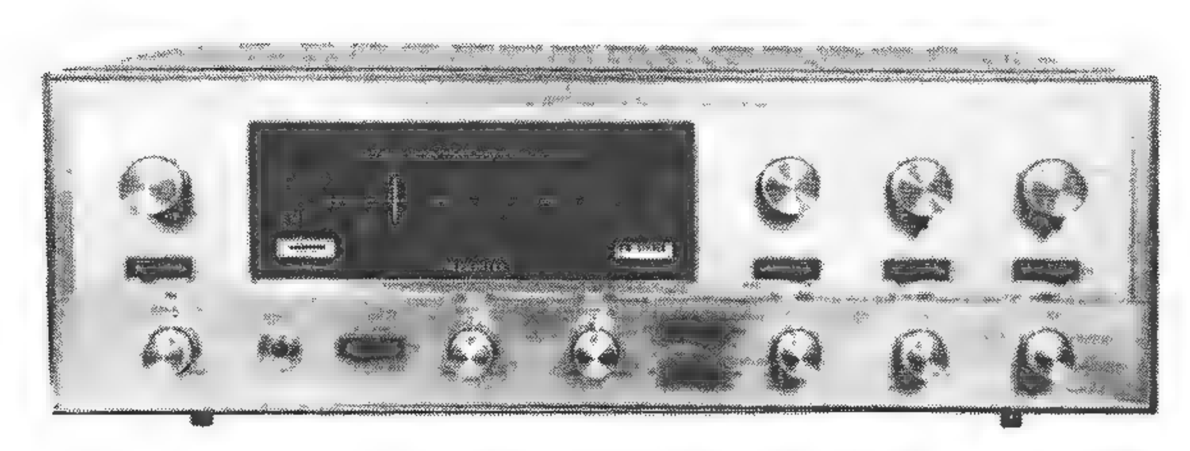


Vollständige Wiedergabeanlagen aus einer Hand haben den Vorteil, daß sich weder der Käufer noch der Verkäufer um den technischen Zusammenbau zu kümmern haben. Sie sind ohne Komplikationen fertig zum Aufstellen. Derartige Anlagen sind aber auch ökonomisch ausgeglichen. Die Qualitäten ihrer Bausteine passen zueinander. Es ist nichts drin, was nicht auch ausgenutzt würde. Ihr Nachteil ist nur, daß es wenig Sinn hat, die gesamte Wiedergabe durch den Austausch einzelner Teile gegen bessere in ihrer Qualität noch weiter zu steigern. Man sollte sich gleich für höhere Ansprüche entscheiden. Die meisten Hersteller geben dem Käufer durch ihr Angebot mehrerer Anlagen in verschiedenen Preisstufen Gelegenheit zur Auswahl.

Steuergeräte



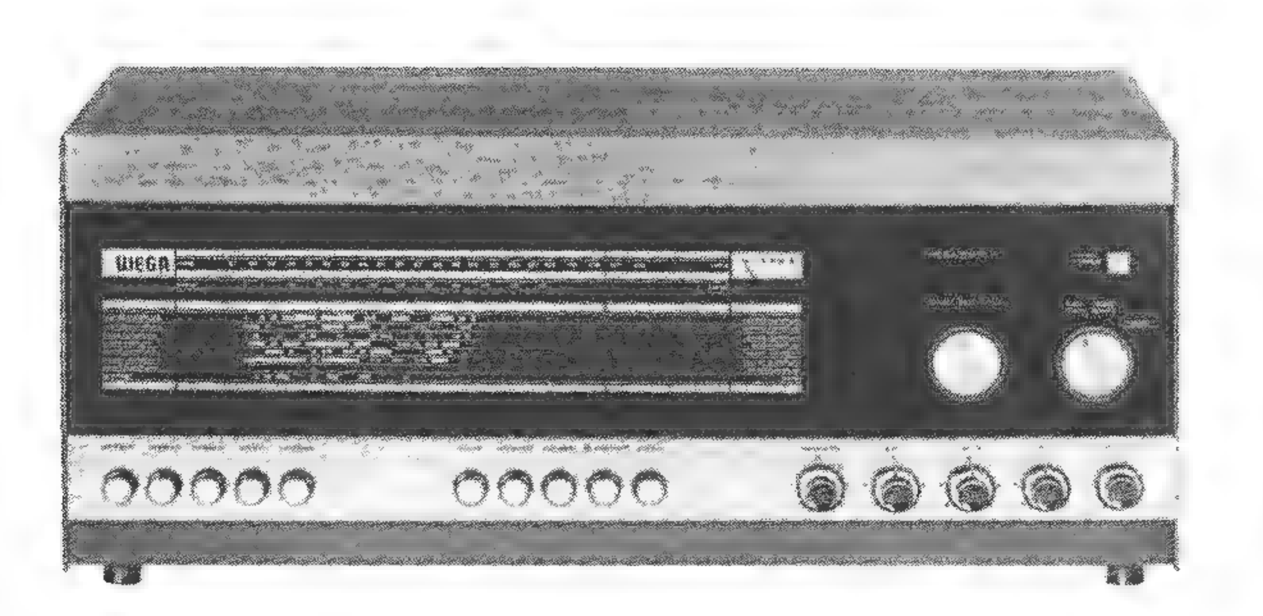
Zu den Tonmeister-Geräten von Philips gehört der Uranus, dessen Verstärker eine Ausgangsleistung von 2 x 6 W liefert.



Der Pioneer SX-2000 ist ein AM/FM-Multiplex-Gerät mit automatischer Stereoumschaltung. Der Verstärker bringt eine effektive Ausgangsleistung von 2 x 40 W.



Das Steuergerät LX-34 von Pioneer macht jede Musikwiedergabe zum Erlebnis. Mit 5 Knöpfen und 2 Umschaltern ist es einfach zu bedienen. Ausgangsleistung: 2 x 11 W.

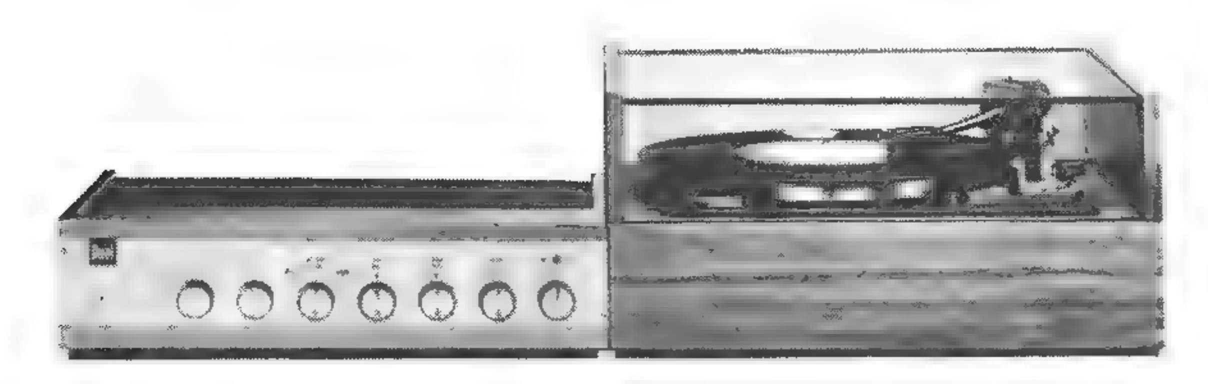


Als neuestes Erzeugnis stellt Wega in der Spitzenklasse das Gerät 3110 vor, das mit Feldeffekt-Transistoren und einem Decoder nach dem Abtastverfahren einen besonders guten Empfang garantiert. Sein Verstärker liefert 2 x 40 W.

HiFi-Stereoanlagen

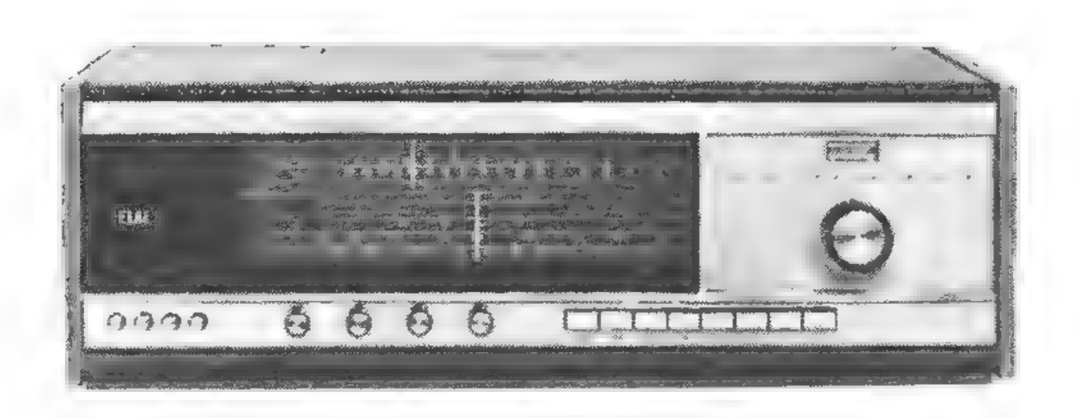
'audio 2' ist eine spezifische Braun-Anlage und umfaßt ein Steuergerät für vier Wellenbereiche, dessen Verstärker 2 x 12 W bringt, und den Plattenspieler P 400.

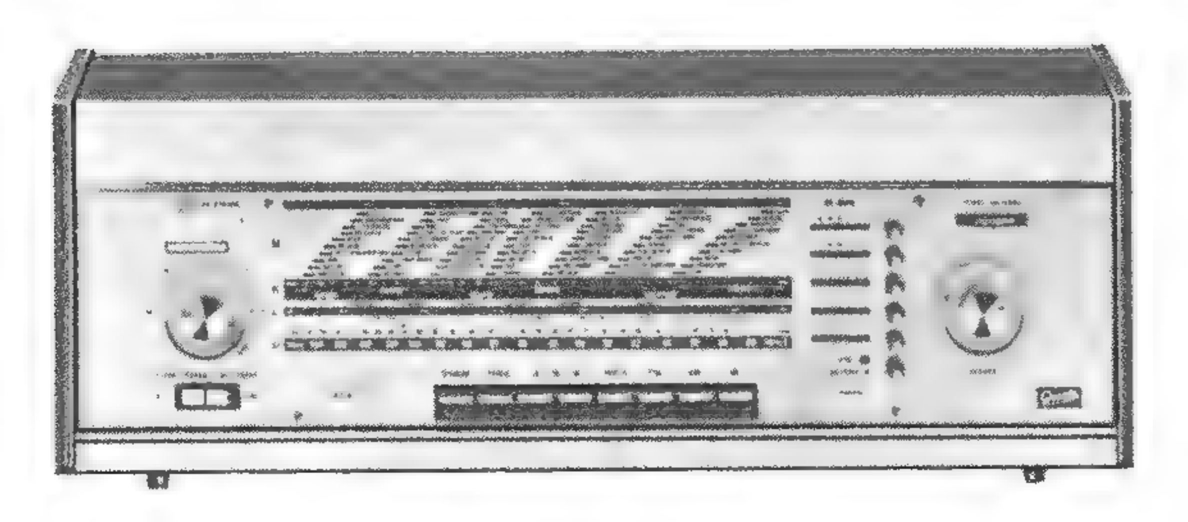




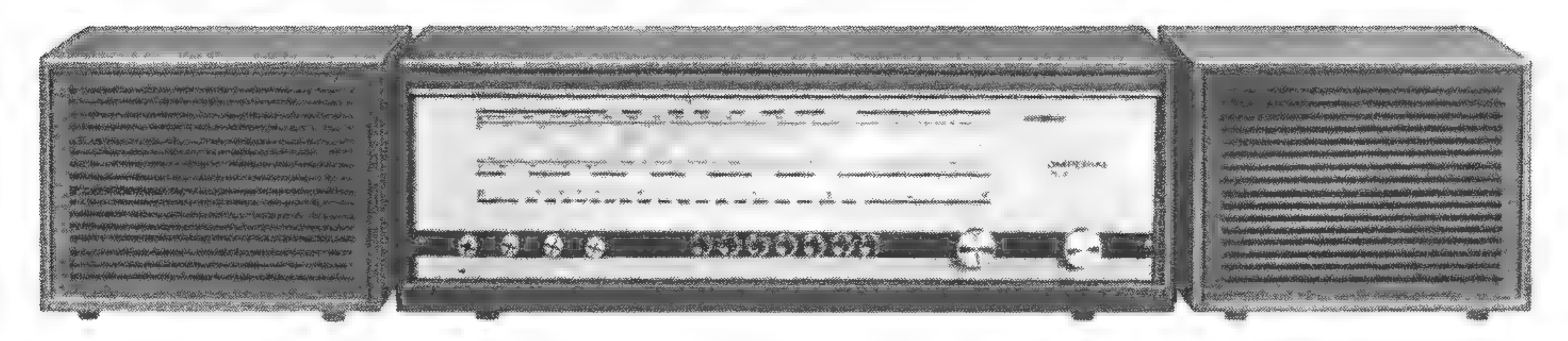
Duals Stereo-Komponenten sind hochwertige Bauteile, die verschieden kombiniert werden können. Im Bild der Transistorverstärker 2 x 16 W und der Plattenspieler 1019 T 501 unter Plexiglas.

Die Heimstudio-Anlage Elac 3000 besteht aus dem Transistorsteuergerät 3000 T (Verstärker 2 x 25 W) in Verbindung mit einem Plattenspieler aus dem Elac-Programm.

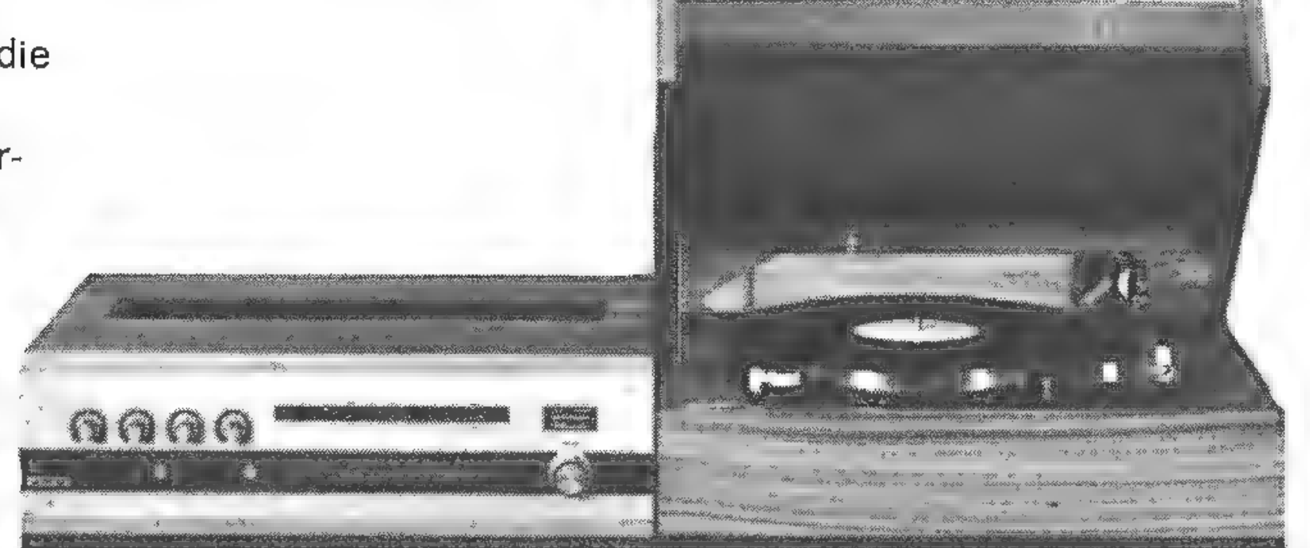




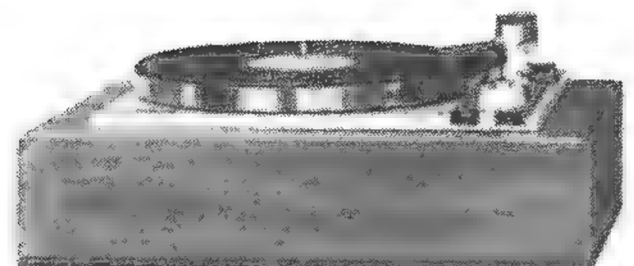
Graetz bietet mit dem Stereo Unit 250 ein Steuergerät an, das 2x8 W Ausgangsleistung und vier Wellenbereiche besitzt. Die Kombination mit einem HiFi-Plattenspieler ist nicht schwierig.

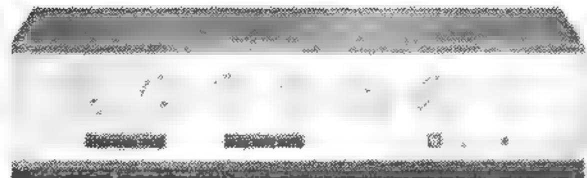


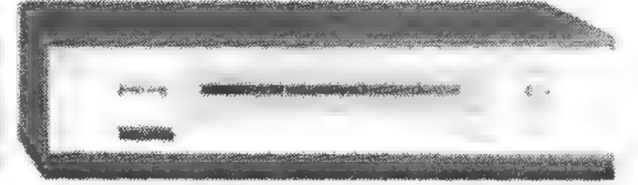
Kuba-Imperial hat sein Anlagenprogramm erweitert und bietet die Cortina mit zwei geschlossenen, resonanzgedämpften Lautsprecherboxen an. Die Leistung des Verstärkers beträgt 2 x 7,5 W.



Das transistorisierte Steuergerät Metz 420 hat eine Ausgangsleistung von 2 x 10 W. Es wird mit dem Plattenwechsler 421-HiFi kombiniert.

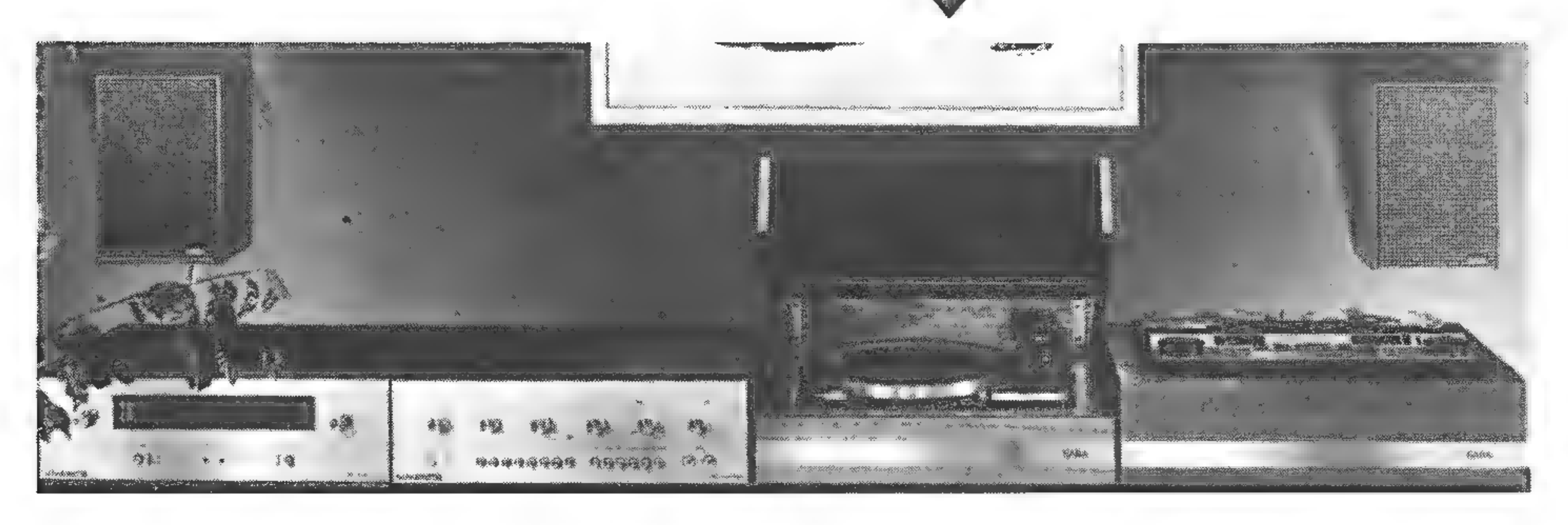


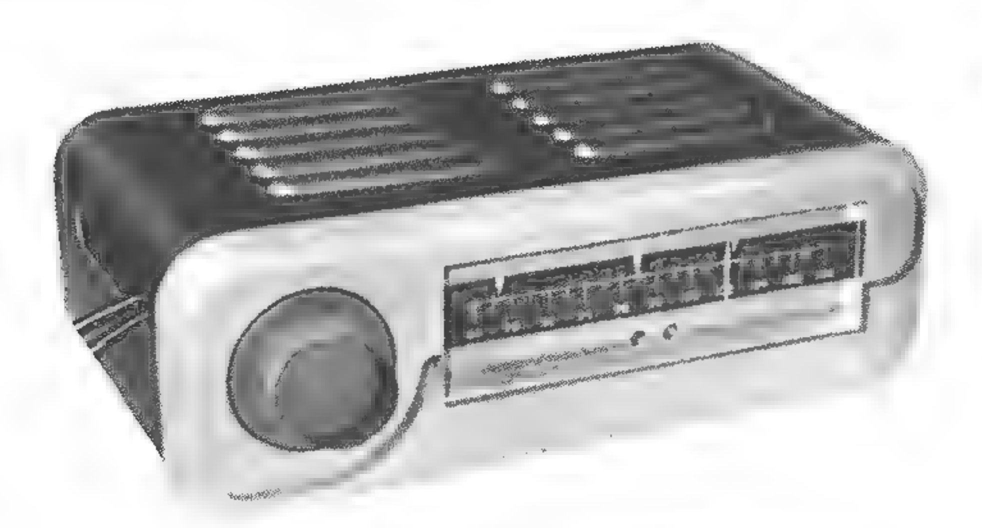


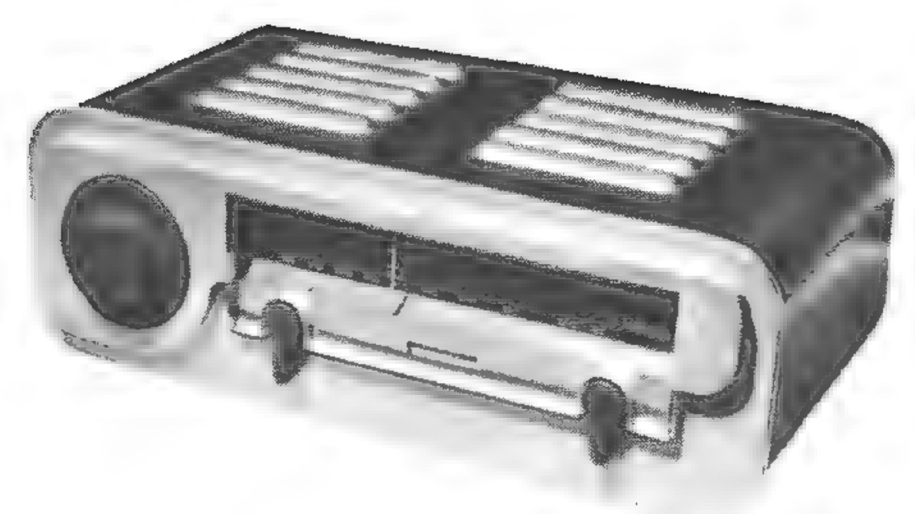


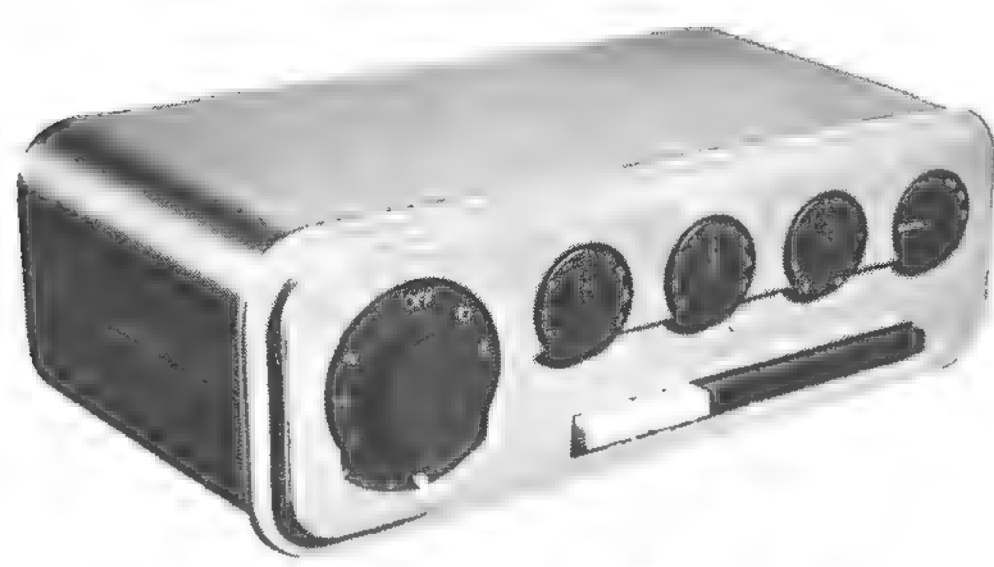
▲ Durch Kombination verschiedener Geräte erreicht Perpetuum-Ebner verschieden leistungsfähige Anlagetypen. Spitzenqualität ist die Anlage 60 T mit 2 x 30 W Leistung und dem Plattenspieler PE 34-HiFi.

Die Saba-Telewatt-Anlage besteht aus dem Tuner FM-2000/A, dem Verstärker TS-100/A, dem Plattenspieler 325 und dem Tonbandgerät Saba T 305 SH, deren Daten bei den jeweiligen Gerätebeschreibungen genannt sind. ▼

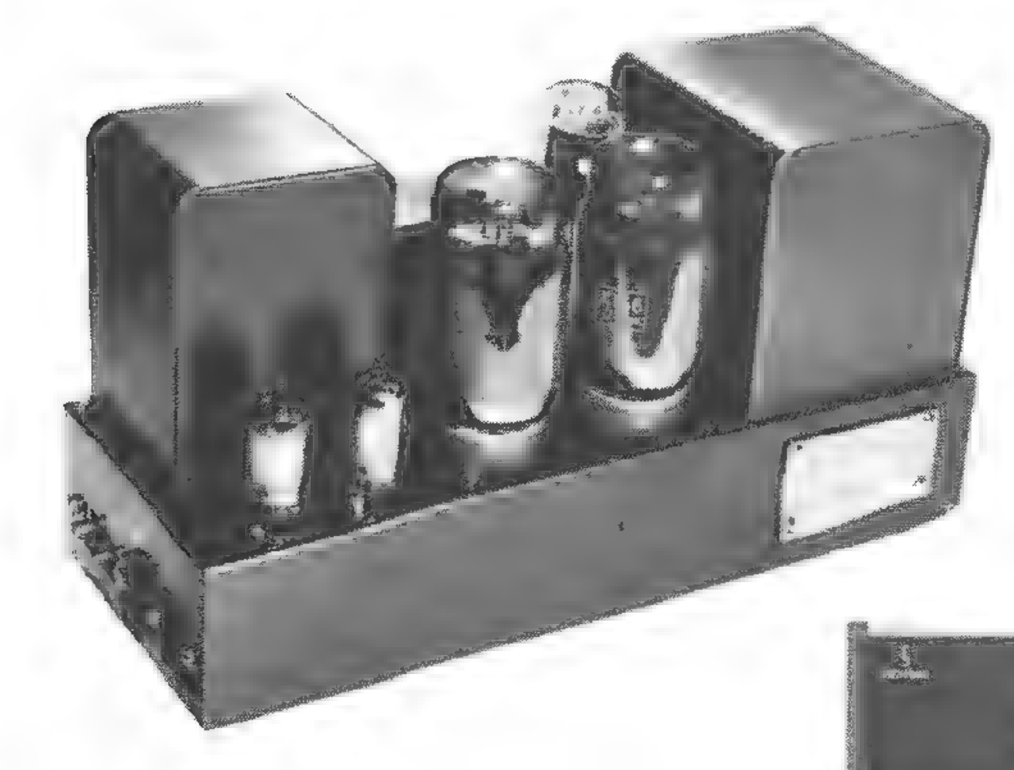




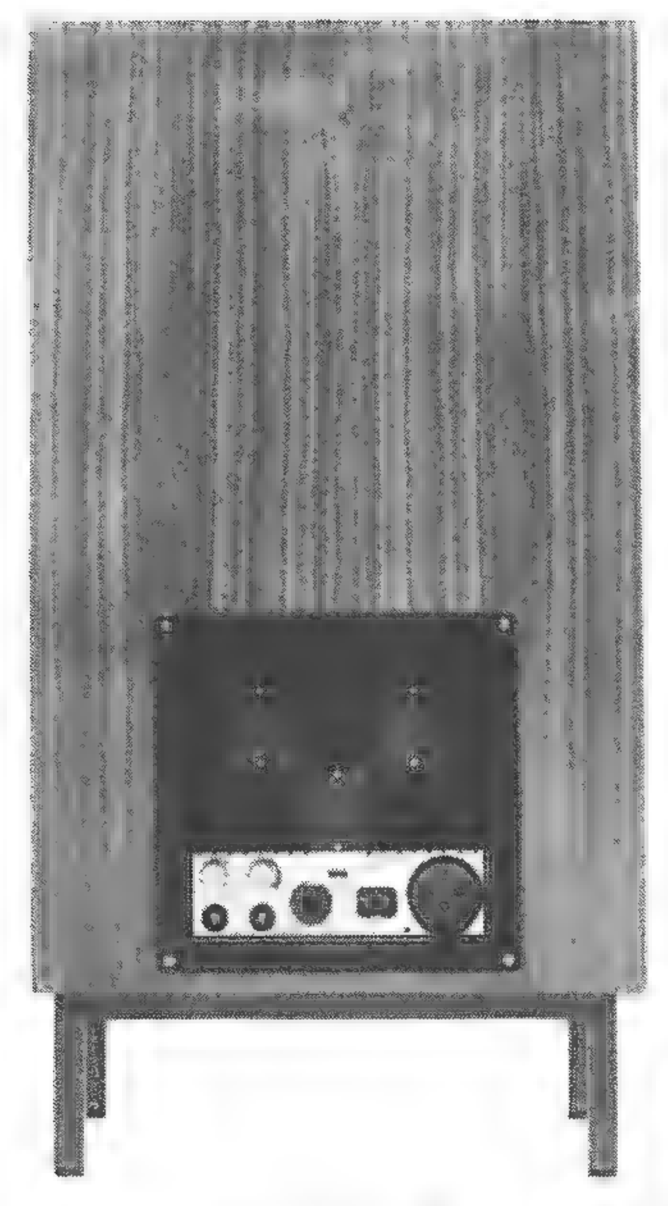


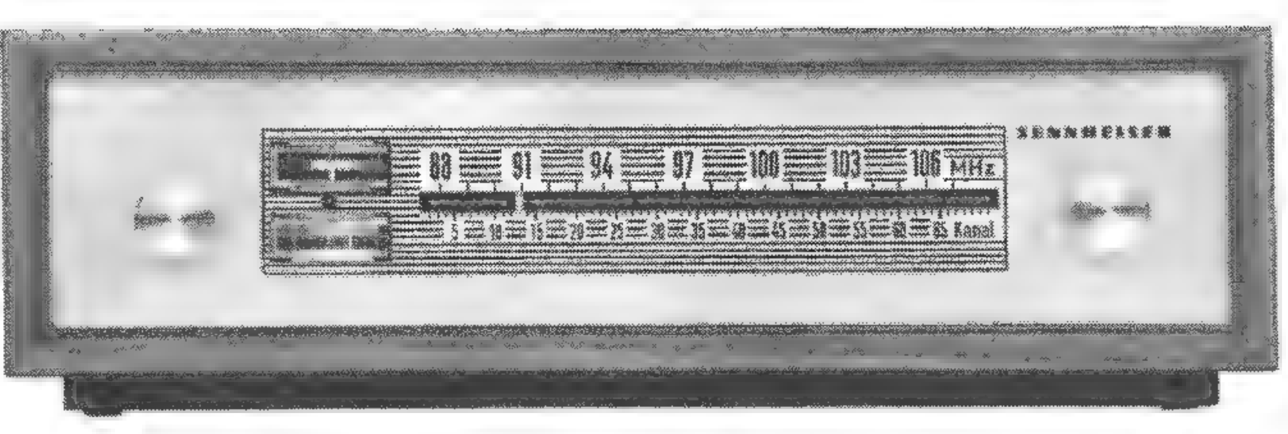


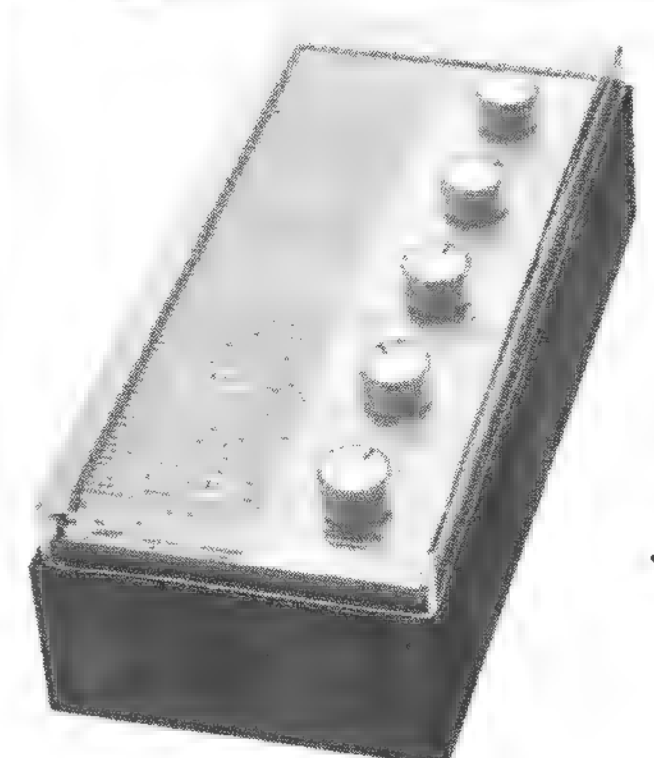
Die Quad-Bausteine von Thorens lassen sich vorzüglich einbauen und genießen den allerbesten Ruf. Oben: Quad-AM-Tuner. Links oben: FM-Tuner. Darunter: Quad-22-Vorverstärker und Steuergerät. Links unten: Quad-II-Endverstärker mit einer Leistung von 15 W, der für Stereo zweimal vorhanden sein muß. Die Anlage hat ihren Preis, aber auch ihre hervorragende Qualität.



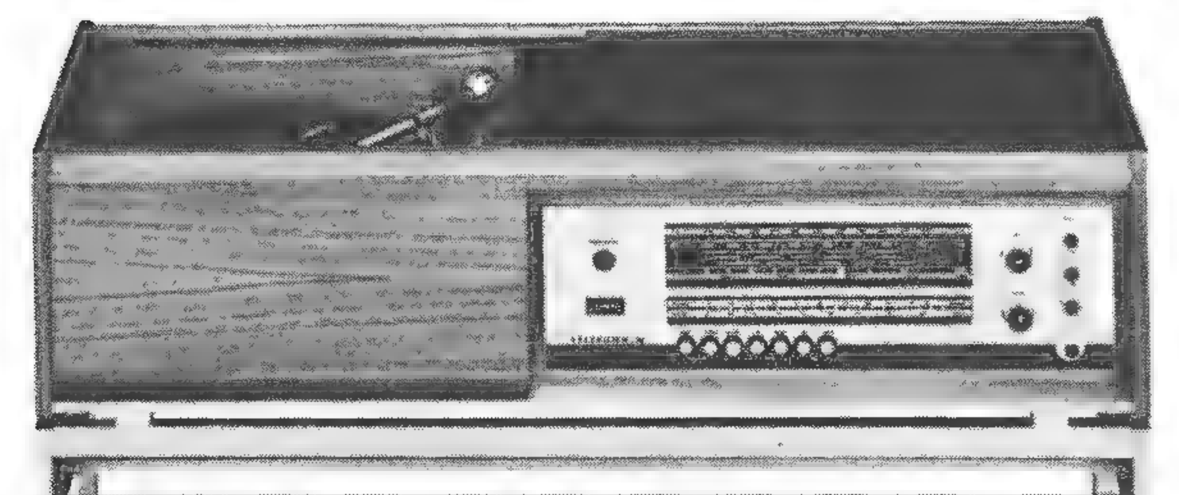
Als Spitzenklasse bezeichnet Siemens seine Anlage Klangmeister 80, bestehend aus einem hochwertigen Transistor-UKW-Empfänger und dem Transistorverstärker RV 80 mit 2 x 30 W Leistung.

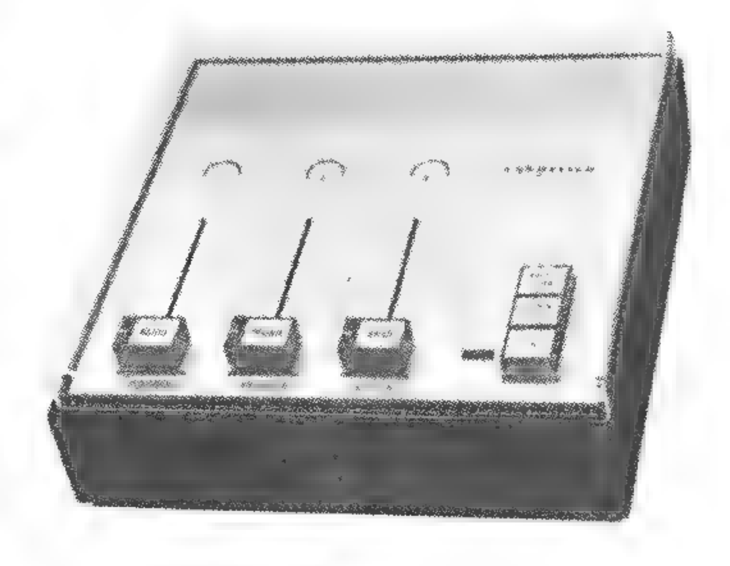






Die Anlage HS 303 Philharmonic ist etwas Besonderes von Sennheiser. Oben: Stereo-UKW-Tuner EFM 303. Links außen: Leistungsstrahler VKL 303, in welche die Leistungsendstufen mit je 30 Watt eingebaut sind. Der Stereo-Regieteil VRS 303 (links) dient zur Fernsteuerung der Anlage. Dazu gibt es noch den Mischverstärker VMS 303 (unten).





Die Steuertruhe Bolero-Studio 101 von Telefunken enthält den Plattenspieler HiFi 210, das Chassis Operette Endstufe: Opus-Studio.

Aus Bauteilen kombiniert ist diese Telefunken-Anlage. Sie besteht aus dem Plattenspieler 'studio 220' und dem Verstärker V 820-HiFi.





HiFi-Stereoanlagen

Für Amateure, die Freude an Studiotruhen haben, hier ein paar Beispiele: Solange es nur um Plattenspieler und Verstärker geht, lassen sie sich leicht übereinander in schmalen Truhen – wie diese Pioneer-Anlage – unterbringen (unten). Tuner, Tonbandgeräte und Tonband/Schallplatten-Abteile verlangen dagegen schon größere Abmessungen. Sie müssen allerdings nicht zu unbequemen Dimensionen anwachsen. Ein Muster für klaren Aufbau und vernünftige Ausmaße ist diese Telefunken-Truhe (rechts).



Übersichtlich angeordnet und von höchster Qualität ist diese echte HiFi-Stereoanlage von Thorens. Sie enthält 1 Steuervorverstärker, 2 Kraftverstärker, AM- und FM-Rundfunkempfangsteil sowie den Thorens-Plattenspieler TD 124.



Das Tonbandgerät - Programmquelle Nr. 3

Das Prinzip der Tonaufzeichnung auf Magnetband ist dem Leser bereits bekannt. Ebenso die verschiedenen Möglichkeiten der Halb- und Viertelspurtechnik und die Verwendung eines einzigen Kombikopfes oder getrennter Aufsprech- und Wiedergabeköpfe. Die verschiedenen Bandgeschwindigkeiten beeinflussen die Qualität der Aufzeichnung und bestimmen auch die Aufnahmekapazität des Bandes.
Für den Bandtransport und das Aufwickeln des Bandes auf die Spulen besitzt das Tonbandgerät einen ziemlich umfangreichen mechanischen Teil, der für die Qualität der Aufzeichnung und Wiedergabe ebenso wichtig ist wie die Elektronik.
Wie die Rille der Schallplatte muß auch das Magnetband mit größerer Laufkonstanz bewegt werden, damit keine Tonhöhenschwankungen entstehen. Den eigentlichen Bandtransport besorgen Tonrolle oder Tonwellen (Capstan) und die Gummiandruckrolle, wobei diese Andruckrolle gegen die Tonwelle, etwas in Bandlaufrichtung versetzt, angreift. Dadurch umschlingt das Band die Tonwelle um einen kleinen Betrag und wird von deren Bewegung mitgenommen.
Tonwelle und Gummiandruckrolle müssen ohne die geringste Exzentrizität mit höchster Präzision geschliffen sein. Der bei der Mitnahme des Bandes entstehende Schlupf muß so gering wie möglich und vor allem konstant sein. Das hängt auch von der beiderseitigen Oberflächenbeschaffenheit des Bandes ab. Es gibt Bänder, die ungleichmäßig mitgenommen werden und einen jaulenden Ton verursachen. Billig angebotene Bänder sind stets mit Vorsicht zu betrachten.
Die Tonwelle ist zugleich die Achse einer schweren Schwungmasse, die — wie der schwere Plattenteller — kurzfristige Antriebsschwankungen ausgleicht. Die Kraft zum Antrieb liefert ein Motor, der als Synchronmotor in seiner Drehzahl allein von der Frequenz des Wechselstromes aus dem Netz abhängt. Als Vielpolmotor mit Polumschaltung gestattet er auf einfache Weise die Wahl zwischen zwei Geschwindigkeiten. Viele Geräte verwenden einen Asynchronmotor, der ein höheres Anzugsmoment besitzt und kleiner hergestellt werden kann. Eine Polumschaltung ist bei diesem Motortyp nicht möglich. Teurere Geräte werden mit dem polumschaltbaren Hysteresemotor ausgerüstet, der — als Außenläufer — hohe Laufkonstanz mit gutem Anzugsmoment vereint.

Batteriegeräte benutzen Gleichstrommotoren, die in ihrer neuesten Konstruktion — kollektorlos mit Transistorsteuerung — Hervorragendes leisten. Motor, Schwungmasse und Tonwelle können eine konstruktive Einheit bilden. Dabei ist zwischen Motor und Schwungmasse noch eine elastische Kupplung mit hoher Dämpfung gebaut. In diesem Fall ist der Motor polumschaltbar. Bei Geschwindigkeitsumschaltung mit Stufengetriebe erfolgt die Kraftübertragung mit Hilfe eines Zwischenrades von der Motorachse zur Schwungmasse. Dabei kann das Rad mit einem Schaltgestänge zum Eingreifen an Stufen verschiedenen Durchmessers gebracht werden. Und damit ändert sich das Übersetzungsverhältnis.

Das Band läuft von der vollen Spule auf dem linken Wickelteller an den Tonköpfen vorbei zum rechten Wickelteller. Da der Bandtransport über die Tonrolle allein nicht genügt, muß auch der Wickelmechanismus einen Antrieb erhalten. Bei Einmotorgeräten geschieht das über Gummizwischenräder oder Riemenantriebe vom Tonmotor aus. Sowohl der Bandtransport wie auch der Wickelvorgang verlangen einen konstanten Bandzug. Es dürfen sich auch keine Schleifen ausbilden. Diese Forderungen lassen sich einfach erfüllen: Die bandaufnehmende Spule muß ein positives, die abgebende Spule ein geringes negatives Drehmoment erhalten. Auf diese Weise bleibt das Band gleichmäßig gespannt.

Für das Umspulen ist im Antriebsmechanismus noch ein rascherer Lauf der Wickelteller vorgesehen. Kupplungen und Bremsen bei den Wickeltellern ergänzen den Mechanismus. Sein einwandfreies Arbeiten ist schon äußerlich daran zu erkennen, daß Bandschleifen vermieden werden und das Band bei allen Lauffunktionen sauber aufgewickelt wird.

Geräte mit drei Motoren erfordern weniger mechanische Teile. Außer dem Tonmotor besitzen sie für jeden Wickelteller noch einen besonderen Motor, dessen Drehmoment elektrisch den jeweiligen Notwendigkeiten angepaßt wird. Hochwertige Geräte werden vorzugsweise mit drei Motoren gebaut. Bei sorgfältiger Konstruktion führt aber auch die Bauart mit einem Motor zu einwandfreien Resultaten.

Einzelheiten der Bandführung

Alle Tonköpfe und ihre Justierung sind auf einer Kopfträgerplatte vereint, die zusammen mit dem Antriebsmechanismus eine stabile Einheit bilden soll. Links und rechts von den Tonköpfen läuft das von den Spulen kommende Band über Umlenkbolzen oder Umlenkrollen. Sie sorgen für eine einwandfreie Führung des Bandes, das ohne vertikale Verschiebung die Spaltlage der Tonköpfe einhalten muß. Gleichzeitig beruhigt diese Führung den Bandlauf.

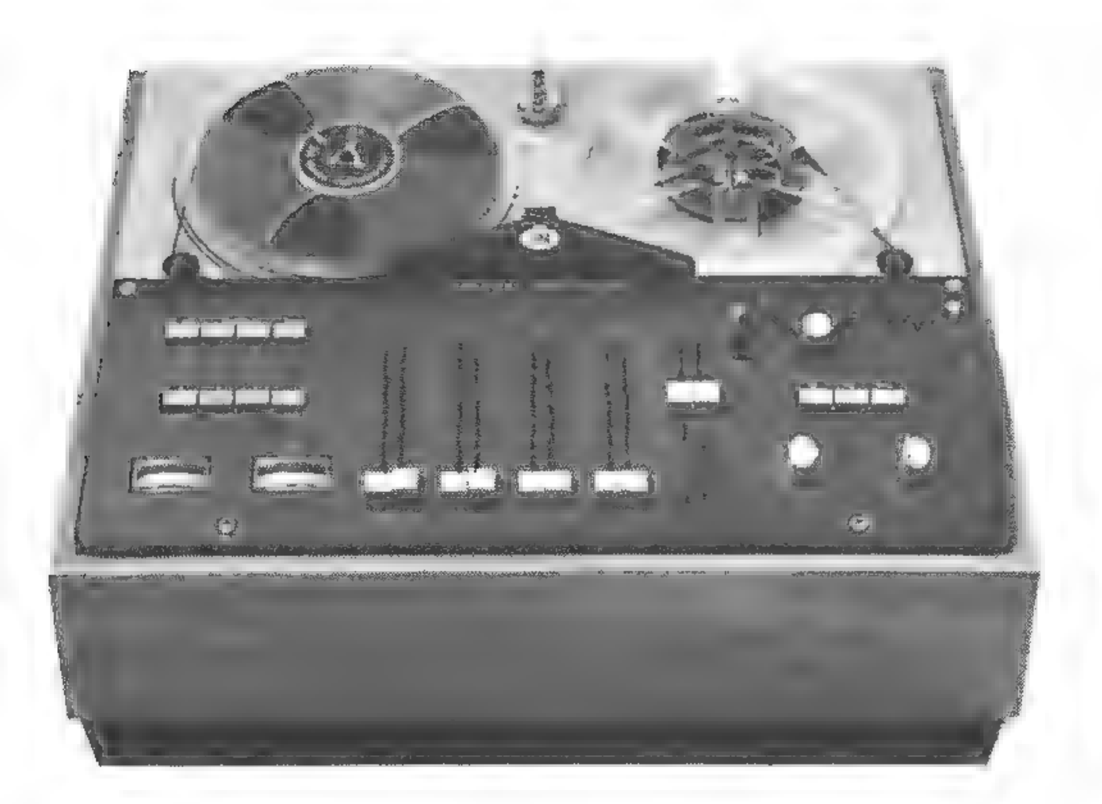


Tonbandgeräte

Akai X-300 (unten) ist ein kompaktes Gerät mit Platz für extrem große Spulen und enthält Endstufen von 2 x 20 W für den Anschluß von Lautsprecherboxen. Die Meßinstrumente für die Pegelkontrolle sind kleiner als beim X-355.



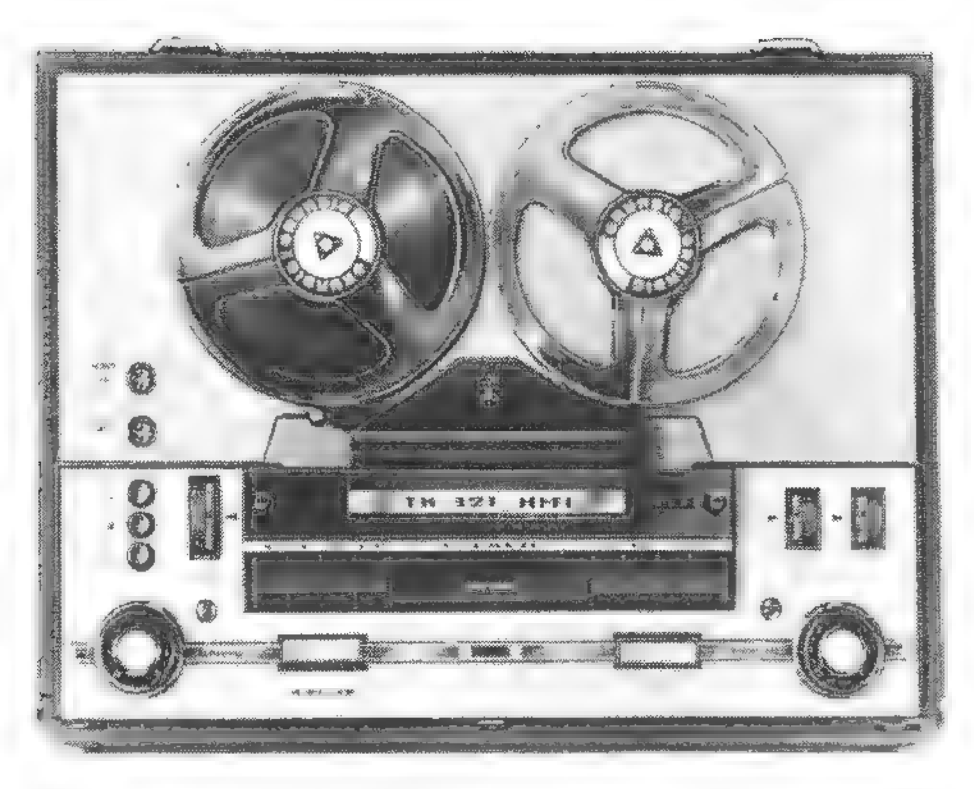
Die senkrecht stehenden Tonbandgeräte von Akai sind mit Transistoren bestückt und für Aufnahmen nach dem Cross-Field-Verfahren eingerichtet. Das Modell X-355 (oben) besitzt Meßinstrumente für Pegelkontrolle und Wiederholautomatik.



Beocord 2000 de Luxe von Bang & Olufsen hat ein vierkanaliges Mischpult mit Flachbahnregler. Die getrennten A- und W-Verstärker sind transistorisiert und auswechselbar. Ausgangsleistung: 2 x 8 W.



Das Grundig-Stereogerät TK 341 HiFi ist ein Koffer mit kombinierten Transistor-A- und W-Verstärkern. Die beiden Lautsprecher und die Ausgangsleistung von 2 x 2 W sind Merkmale für dieses Spitzengerät.



Der Stereokoffer TK 321 HiFi, ebenfalls von Grundig, unterscheidet sich von der Type TK 341 nur dadurch, daß er nicht als Viertelspur-, sondern als Halbspurgerät läuft.



Das Zweispurgerät TG 60 von Braun ist dreimotorig und wird auch für Viertelspur ausgerüstet. Es arbeitet auch senkrecht und hat doppelte Transistor-A- und W-Verstärker.



National entspricht in der Ausführung des Tonbandgerätes RS-1000 S MFB-Stereo sogar professionellen Anforderungen. Es hat je 2 A- und W-Vorverstärker. Die A-Verstärker lassen sich als Mischpult verwenden.



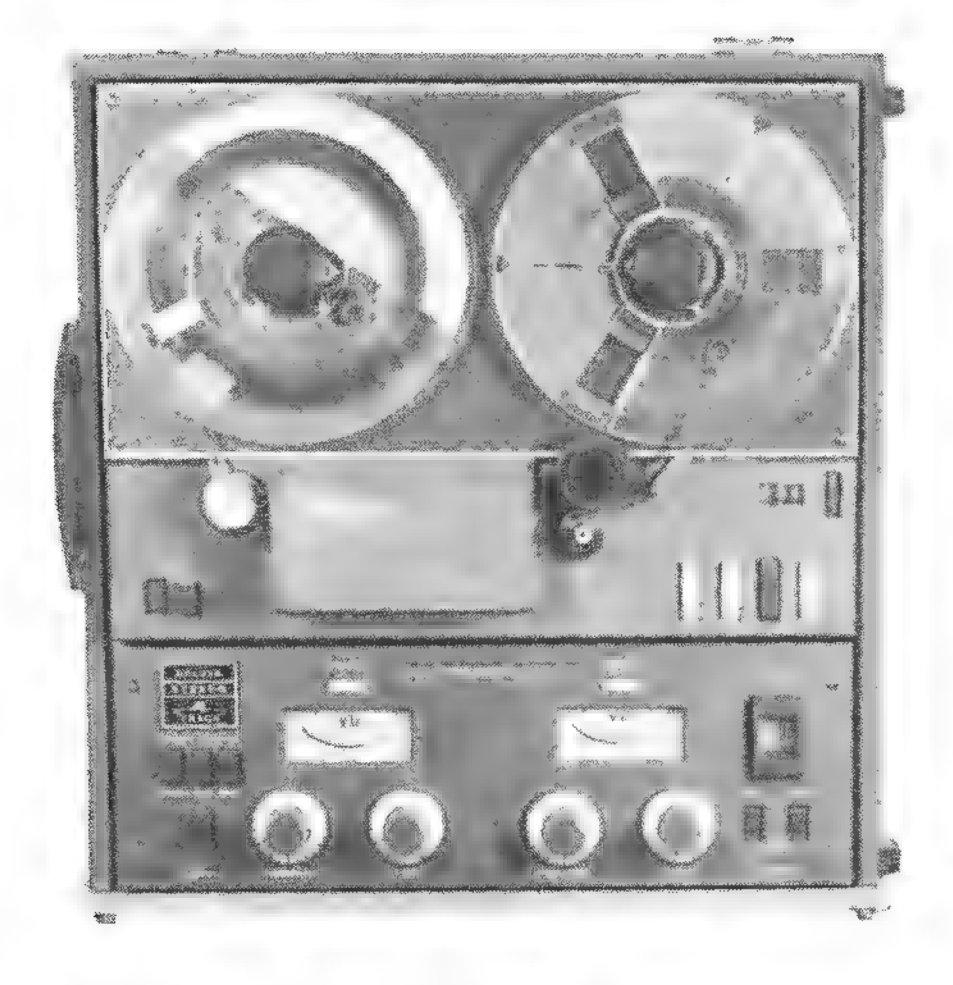
Revox hat das Dreimotorengerät G 36 mit einem neuen fotoelektrischen Bandendschalter ausgestattet. Damit bereitet die Maschine keinen Kummer mehr. Merkmale: Halb- und Viertelspur nach Wahl u. a.

Bei Mehrkopfgeräten können noch weitere Beruhigungsführungen zwischen den Tonköpfen angeordnet sein. In hochwertigen Geräten passiert das Band auch noch einen federnden Fühlhebel. Er hält mit seinem Ausschlag den Bandzug konstant. Bei Bandriß betätigt er auch noch einen Ausschalter.
Das Abschalten am Bandende kann sowohl vom Fühlhebel als auch elektrisch durch Kontaktschluß mit einer auf das Band aufgeklebten Metallfolie ausgelöst werden. Es gibt auch ein Gerät mit fotoelektrischer Auslösung. Im Bandlauf können im übrigen noch Vorrichtungen zur selbsttätigen Reinigung des Bandes angeordnet sein.
Beim Einschalten des Gerätes wird zuerst der Tonmotor in Gang gesetzt und dann zum Start des Bandes die an einem Schwenkhebel befestigte Gummiandruckrolle gegen die Tonrolle gedrückt. Damit beginnt der Transport des zwischen beiden liegenden Bandes. Der Schwenkhebel drückt auch ein Mu-Metallplättchen an die Rückseite des Bandes, und zwar genau an der Stelle, wo das Band den Tonkopf berührt. Durch diesen einfachen Mechanismus wird die magnetische Abschirmung des Tonkopfes gegen störende Felder vervollständigt.
Sowohl das Aufsprechen wie das Abhören verlangen einen sehr engen Kontakt des Bandes mit den Tonköpfen. Dazu kann das Band mit einem Filz oder einem Spannband aus Kunststoff gegen die Köpfe gepreßt werden. Bei einer anderen Konstruktion sorgt die geometrische Anordnung von Bandführung und Tonköpfen dafür, daß es zu einer gewissen Umschlingung der Tonköpfe kommt.
Beim Stop wird in jedem Fall das Band wieder von den Tonköpfen abgehoben, damit es frei umgespult werden kann.
Die mechanischen Schaltbewegungen für Start, Stop, schnellen Vor- und Rücklauf können über Tasten oder Hebel direkt oder über Relais indirekt gesteuert werden. Die Betätigung der Bremsen erfolgt automatisch.
Zum leichteren Aufsuchen einer bestimmten Bandstelle ist ein Zählwerk mit Nullsteller eingebaut.
Beim Bau von Tonbandgeräten mit mehreren Spuren war schon früh der Wunsch entstanden, für Aufnahme oder Wiedergabe auch den Lauf des Bandes von rechts nach links auszunutzen, die Richtung also, die sonst nur zum Umspulen verwendet wird. Derartige Konstruktionen, die immer Liebhaber finden, verlangen nicht nur die doppelte Ausstattung mit Tonköpfen, sondern stellen auch an die Mechanik erheblich mehr Ansprüche. Das schlägt sich selbstverständlich auch im Preis nieder. Besonders angenehm sind solche Geräte bei der Wiedergabe vorbespielter Bänder mit Stereoaufzeichnung in Viertelspurtechnik, da sie das Band ohne Umlegen der Spulen abspielen.
Geräte in stehender Ausführung, also mit senkrecht angeordneten Spulen,

sind vor allem in den USA recht beliebt. Normale Geräte darf man nicht ohne weiteres aufrechtstehend betreiben. Dazu müßten Motorlager, Motoraufhängung und Antriebsmechanismus geeignet konstruiert sein. Die senkrechte Aufstellung spart Platz und macht einen studiomäßigen Eindruck, den viele Amateure bevorzugen.
Da lange Spielzeiten immer erwünscht sind, suchen die Hersteller möglichst große Spulen auf dem Tonbandgerät unterzubringen, das aber trotzdem so klein wie möglich gebaut sein soll. Wer sich nicht daran stört, daß die Spulen über das Gerät hinausragen, verlegt die Wickelteller am besten weiter in die oberen Ecken des Gerätes. Das verlangt aber auch beim Antrieb längere Zwischenglieder. Besser sind also Geräte mit besonderen Wickelmotoren.
Bis auf den Oszillator für die Lösch- und Vormagnetisierungsfrequenz und die passend abgestimmten Verzerrungs- und Entzerrungsglieder enthält ein HiFi-Verstärker bereits die ganze im Tonbandgerät erforderliche Elektronik. Spart man die Baugruppen, die im HiFi-Verstärker vorhanden sind, bei der Konzeption eines Tonbandgerätes ein, so entsteht ein bedeutend vereinfachtes Gerät, das unter der Bezeichnung 'tape deck' in HiFi-Anlagen verwendet wird. Dieser Name wurde dann auch jenen Geräten gegeben, bei denen lediglich die Endstufen und die Lautsprecher weggelassen sind.

Über den Umgang mit Daten

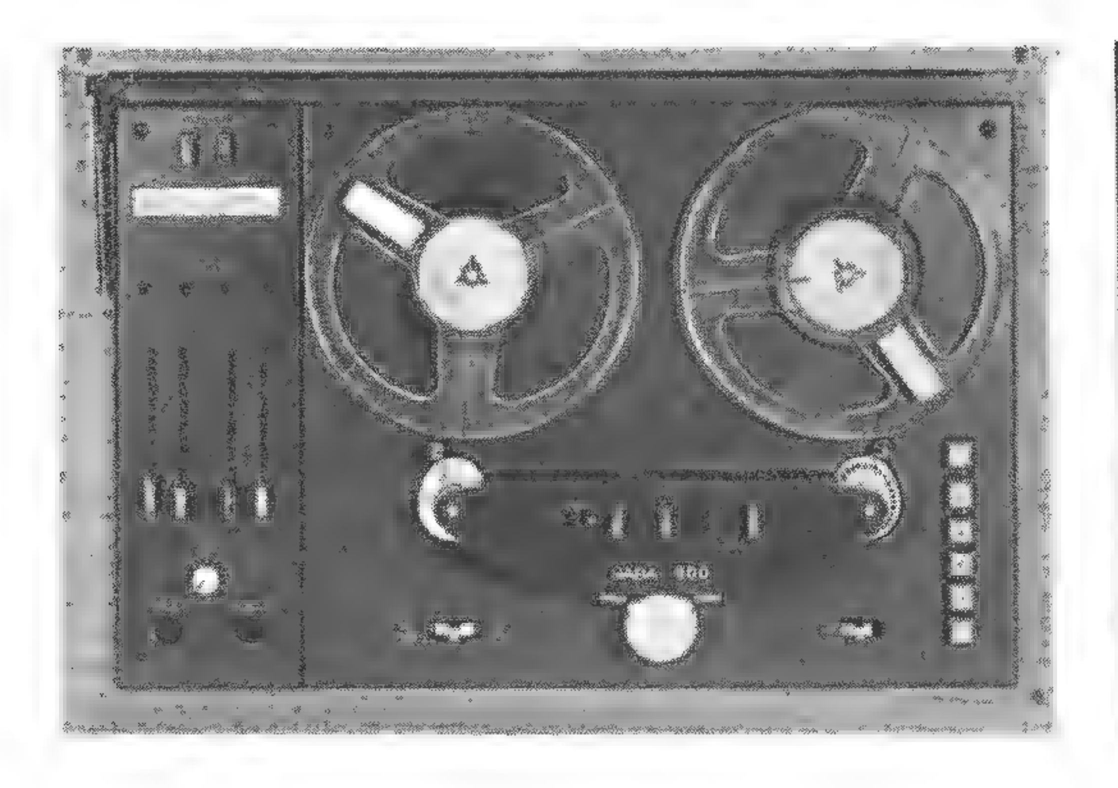
Bei den Gerätedaten interessiert sich der Käufer vor allem auch für die Frequenzgangangaben der verschiedenen Geschwindigkeiten. Dabei ist einige Vorsicht am Platze, wenn aus den Daten nicht ersichtlich ist, um welchen Betrag der Pegel bei den unteren und oberen Grenzfrequenzen niedriger liegt. Besser hält man sich an die Normen, die ein Toleranzfeld angeben.
Bei Frequenzgangangaben kann auch nach zweierlei Gesichtspunkten gemessen werden. Benutzt man dazu ein Bezugsband, das die Frequenzen bereits enthält, so wird nur der Wiedergabefrequenzverlauf gemessen. Das ergibt ein günstigeres Resultat. Wichtig ist er selbstverständlich bei der Wiedergabe vorbespielter Bänder, aus denen das beste herauszuholen ist. Bei der Feststellung des Frequenzganges 'über alles' benutzt man einen Frequenzgenerator, spielt auf, spult zurück und mißt dann den wiedergegebenen Frequenzgang. Er ist dann auch noch vom benutzten Bandtyp und der Aussteuerung abhängig.
Will man die Höhen nicht übersteuern, darf nicht voll ausgesteuert werden, sondern um etwa 26 dB darunter. Um die beste Dynamik zu erhalten, ist aber in der Aufnahmepraxis höher auszusteuern und in jedem Fall der günstigste Kompromiß zu suchen.



Aus der langen Typenreihe von Sony ragt das Spitzenmodell TC-777 hervor. Es hat 3 Motoren, 3 Köpfe, doppelte A- und W-Verstärker und kann auf Viertelspuraufnahme sowie Halb- und Viertelspurwiedergabe geschaltet werden.



Telefunken hat sein Magnetophon 204 mit übersichtlich und frontal angeordneten Bedienungselementen ausgerüstet. Für den anspruchsvollen Amateur ist das platzsparend gebaute Gerät ideal für das Heimstudio in der Regalwand.

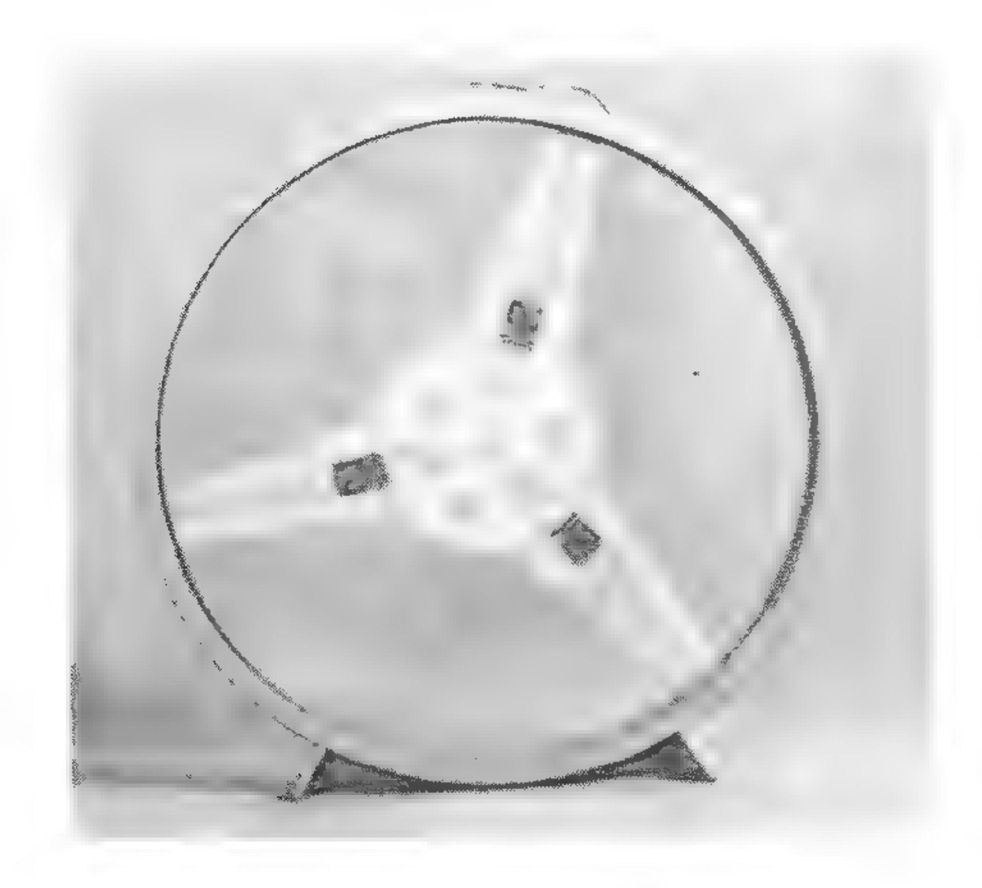


Saba 600 verwirklicht noch einmal eine alte Spezialität: automatische Umschaltung auf die umgekehrte Bandlaufrichtung. Dafür ist doppelte Kopfausstattung nötig. Merkmale: 3 Motoren, getrennte A- und W-Köpfe, Transistorbestückung.



In Halb- oder Viertelspurtechnik bietet Uher die Geräte 22 bzw. 24 HiFi-Special an, die mit einem Motor mehrmotorige Eigenschaften aufweisen. Spezialitäten: 3 Köpfe, getrennte A- und W-Verstärker, 3 wählbare Entzerrernormen u. a.

Die HiFi-Normen lassen einen Klirrgrad von 5 Prozent zu. Das erscheint sehr hoch, wenn man die Werte guter Verstärker vergleicht. Die 5 Prozent beziehen sich aber wieder auf die Vollaussteuerung, die nur bei den dynamischen Spitzen erreicht wird. Der mittlere Pegel bleibt erheblich darunter.
Außer der konstanten Bandgeschwindigkeit ist auch die absolute Bandgeschwindigkeit wichtig, sobald fremde Bänder auf einer Maschine abgespielt werden. Für Heimgeräte ist eine Abweichung von ± 1 Prozent vom Sollwert zugelassen. Das ist musikalisch zu vertreten. Der Wert wird jedoch bei kleinen Geschwindigkeiten oft erheblich schlechter. Bei vielen Geräten verändert er sich auch mit fortschreitendem Alter.
Die Geschwindigkeitsschwankungen sind bis ± 0,02 Prozent zulässig. Auch sie nehmen bei kleinen Geschwindigkeiten sehr stark zu. Katalogangaben sollten also auf eine bestimmte Geschwindigkeit bezogen sein. Für hochwertige Aufnahmen wähle man immer die höchste Geschwindigkeit, die der Bandvorrat zuläßt.



Diese Spule hat eine Bandfangvorrichtung und wird in Kassetten geliefert. Vorteile: Platzsparende Lagerung im Heimarchiv und Schutz der Tonbänder vor Verstaubung und Beschädigung.

Vielen Tonbandfreunden bereitet das Einfädeln des Bandes in die Spule erheblichen Ärger. Es gibt ein Gerät, bei dem eine Einfangvorrichtung eingebaut ist. Legt man das Band in geeigneter Weise zwischen die Spulenflanschen, fangen auch gewöhnliche Spulen das Band ein. Man kann aber auch speziell zum Bandeinfang konstruierte Spulen kaufen. Mit ihren vollen Flanschen sind sie stabiler als durchbrochene Spulen und neigen weniger zum ‚Schlag'. Für derartige Spulen gibt es auch einen sehr praktischen Randverschluß, der das Eindringen von Staub und das Herausflattern des Spulenanfangs verhindert.

Thema mit Variationen: Die Lautsprecher

Im Lautsprecher wird die vom Verstärker kommende elektrische Energie in mechanische umgewandelt. Was als tonfrequente Schwingung geliefert wird, soll mit genau den gleichen Frequenzen und derselben Dynamik als Schall weitergegeben werden. Das bedeutet, daß der Lautsprecher die Luft in Schwingungen zu versetzen hat. Dazu sind im Takte der Tonfrequenzen wiederholt kleine Stöße notwendig, die, wie wir bereits wissen, Schalldruckwellen erzeugen.
Damit auch eine wirkliche Leistung zustande kommt, muß möglichst viel Luft in Bewegung gesetzt werden. Die Stöße sollen also nicht von einem Punkt ausgehen, sondern von einer größeren Fläche, die wie ein rasch arbeitender Pumpenkolben ihre Bewegung auf die Luft überträgt. Eine derartige Fläche ist die Lautsprechermembran. Sie ist in jedem Lautsprecher vorhanden und läßt sich auf verschiedene Weise durch elektrische Energie antreiben.
In der Praxis haben sich zwei Prinzipien der Energieumwandlung bewährt: das elektrodynamische und das elektrostatische Prinzip. Die weitaus größte Zahl der Lautsprecher arbeitet elektrodynamisch, indem eine von den tonfrequenten Wechselströmen durchflossene Schwingspule in einen runden Luftspalt eintaucht, den die Polschuhe eines kräftigen Dauermagneten freilassen. In der Schwingspule verursachen die Ströme im Takte der Tonfrequenzen wechselnde Magnetfelder, die im konstanten Feld des Lautsprechermagneten der Schwingspule wechselnde Bewegungsantriebe erteilen.
Die Schwingspule sitzt in der Mitte einer meist runden oder ovalen, trichterförmigen Membran, die an ihrem Rande vom Lautsprecherkorb gehalten wird. Damit sie in ihrer ganzen Fläche möglichst einheitlich schwingt, ist ihre Halterung so auszubilden, daß sie zugleich weich und stabil ist. Die meist aus Pappe bestehende Membran soll in sich schwingungssteif sein, um Teilschwingungen zu vermeiden. Dies wird durch eine bestimmte Formgebung oder durch Zusammensetzung der Membran aus verschiedenen Schichten erreicht. Derartige Sandwichbauweisen sind mit Kombinationen aus Pappe, Kunststoff und sogar Metallfolien möglich. Eine Zentriermembran oder Zentrierspinne hält die Schwingspule genau in der Mitte des Luftspalts.
Dynamische Lautsprecher werden in unterschiedlichen Größen gebaut und, je nach dem Membrandurchmesser, auf die Wiedergabe von Bässen, Mittel-

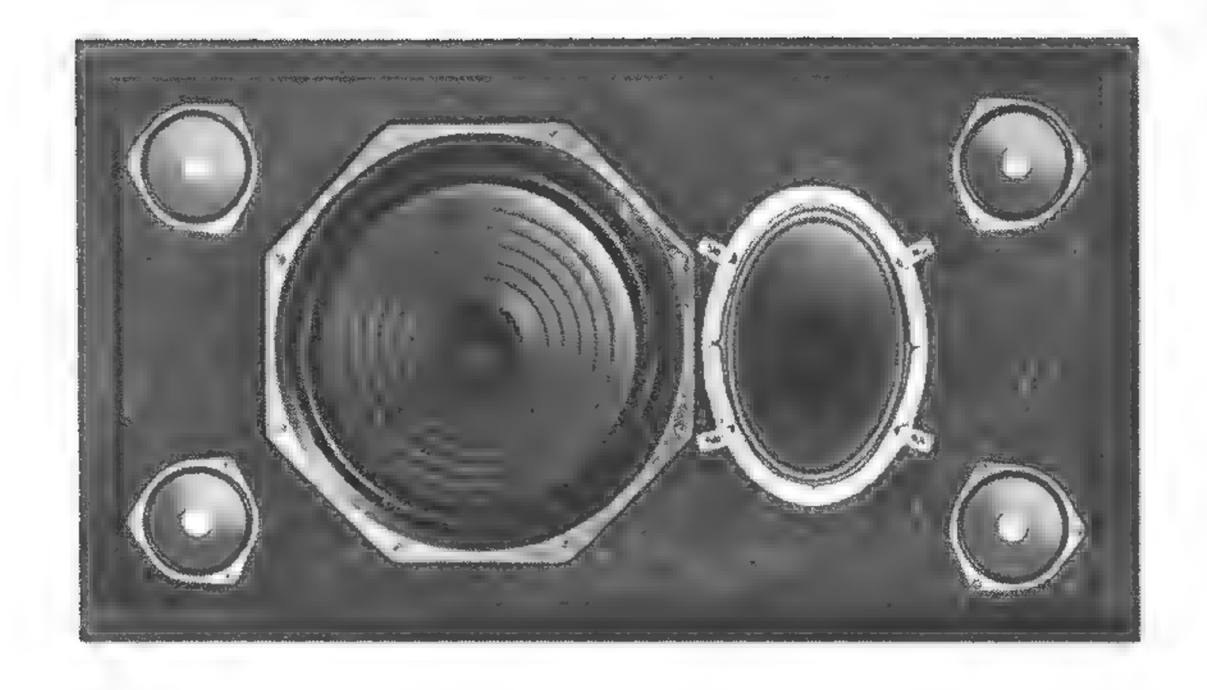
tönen oder Hochtönen spezialisiert. Bei der Baßwiedergabe müssen große Luftmengen langsam bewegt werden. Das kann durch kleinere Membranen mit großem Hub oder durch große Membranen mit kleinem Hub geschehen. In letzterem Falle arbeitet der Lautsprecher verzerrungsfreier, er verbraucht aber mehr Energie und wird natürlich auch teurer als ein Lautsprecher mit kleinerer Membran.

Bei hohen Tönen muß die Membran viel rascher schwingen. Das fällt ihr um so leichter, je kleiner sie gebaut ist. Am wirkungsvollsten sind speziell konstruierte Hochtöner mit extrem kleiner Membran und rückseitigem Abschluß. Dadurch wird die Luft im Innern des Lautsprechers je nach Bewegungsphase der Membran komprimiert. Dies verursacht eine starke Membrandämpfung und liefert eine verzerrungsfreie Wiedergabe. Solche Druckkammersysteme tragen nach vorne einen Hornansatz, in dessen verengten Teil die Luft mit hoher Geschwindigkeit gepreßt wird. So ergibt sich eine sehr intensive Schallabstrahlung.

Das Horn stellt eine Übergangsanpassung an die umgebende Luft dar und kann runden, quadratischen oder länglich-rechteckigen Querschnitt haben. Beim Einbau des letzteren Typs ist darauf zu achten, daß das Rechteck hochkantig gestellt wird, da – anders, als der Laie erwarten dürfte – die breiteste Schallabstrahlung quer zum Rechteck verläuft.

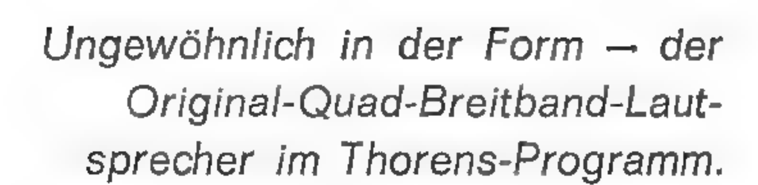
Bei manchen Hochtönern befindet sich in der Hornmitte ein Kegel. Er ist der vordere Abschluß einer Membranabdeckung, die zwischen sich und der Membran einen genau geformten Luftraum frei läßt. Er sorgt dafür, daß die von den verschiedenen Punkten der Membranfläche abgestrahlten Frequenzen phasengleich nach außen geleitet werden, und das ist bei den kleinen Wellenlängen der hohen Frequenzen wichtig. Der Kegel selbst verbessert die Schallabstrahlung. Es gibt auch Hochtöner ohne Horn. Ihre halbkugelige Membran ragt als Dom heraus und zeigt eine breite Abstrahlcharakteristik. Wirkungsgrad und Empfindlichkeit eines dynamischen Lautsprechers hängen von der der Feldstärke proportionalen Induktion im Luftspalt ab, die in Gauß gemessen wird. Hohe Gaußzahlen zeigen eine hohe Kraftliniendichte des Feldes an. Ein Maß für die Gesamtheit der zur Verfügung stehenden magnetischen Induktion, also des insgesamt vorhandenen Kraftflusses, ist das Maxwell. Beide Angaben gehören zu den Daten eines Lautsprechers.

Die Lautsprecherdaten verzeichnen auch die Angabe der Impedanz in Ohm. Man versteht darunter den Wechselstromwiderstand der Schwingspule. Infolge ihrer Selbstinduktion und der Rückwirkung ihrer Bewegung im Magnetfeld entsteht in ihr ein den Tonfrequenzen entgegengerichteter Strom. Deshalb übersteigt ihr Widerstand den reinen Gleichstromwiderstand. Er wächst mit der Frequenz und wird einheitlich bei 1000 Hertz gemessen.

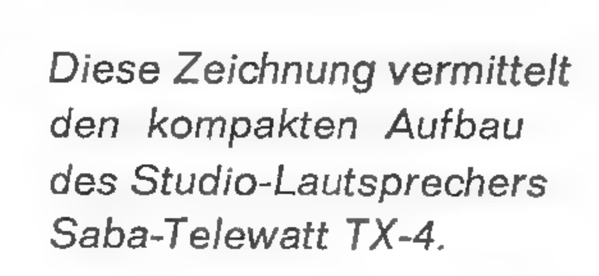


Mit sechs Lautsprechern ist die Box der HiFi-Kombination LS 50a aus dem Hause Grundig bestückt.





Ungewöhnlich in der Form – der Original-Quad-Breitband-Lautsprecher im Thorens-Programm.



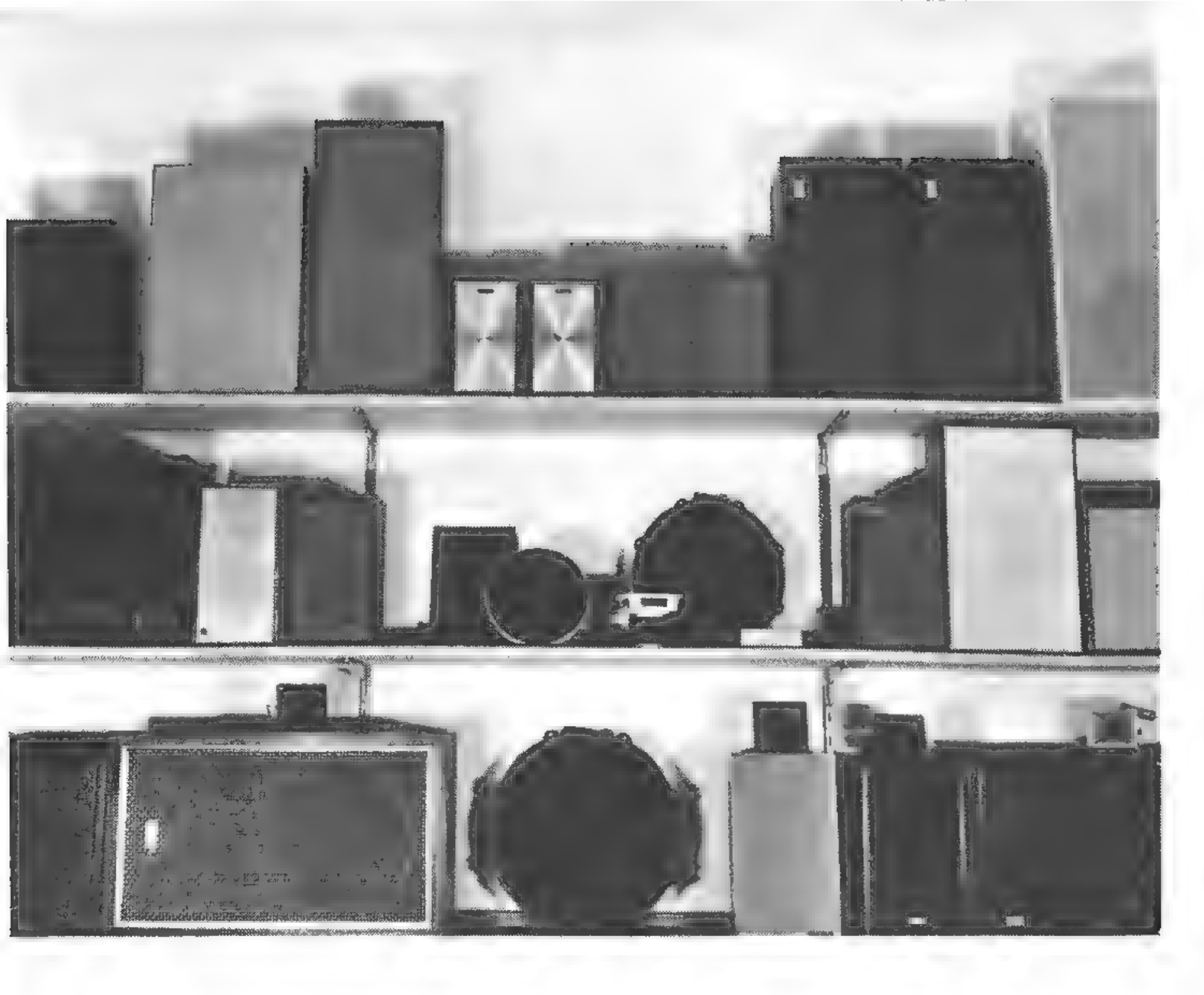
Diese Zeichnung vermittelt den kompakten Aufbau des Studio-Lautsprechers Saba-Telewatt TX-4.

Die leistungsmäßige Anpassung an den Verstärkerausgang ist am günstigsten, wenn die an den Anschlüssen verzeichnete Impedanz der des Lautsprechers gleicht. Abweichungen sind jedoch nicht kritisch. Außer einem Leistungsverlust bringen sie auch gewisse Frequenzveränderungen. Man kann sie gelegentlich zur Wiedergabeverbesserung ausnutzen.
Eine Variante des dynamischen Lautsprechers ist der Bändchenlautsprecher. Er besitzt statt der Schwingspule ein langgestrecktes, metallisiertes Bändchen, das in seiner ganzen Länge zwischen den Polen eines Magneten schwingt. Wird es von den tonfrequenten Wechselströmen durchflossen, wirkt es selbst als Lautsprechermembran und regt über einen aufgesetzten Trichter die Luft zum Schwingen an. Bändchenlautsprecher sind auf Hochtonwiedergabe spezialisiert. Bei geringem Wirkungsgrad können sie sehr rein klingen, sind aber mechanisch überaus empfindlich.
Lautsprecher nach dem elektrostatischen Prinzip nutzen die anziehenden und abstoßenden Kräfte elektrischer Ladungen aus. Dazu verfügen sie über metallische oder metallisierte große Membranflächen, die als bewegliche Elektroden festen Flächen gegenüberstehen. Da die elektrostatischen Kräfte mit steigender Spannung wachsen, müssen, wenn ein vernünftiger Wirkungsgrad erzielt werden soll, die Tonspannungen hinter dem Verstärker besonders hoch transformiert werden. Auch braucht der Lautsprecher eine hohe Polarisationsspannung, damit er nicht die doppelte Frequenz abstrahlt.
Elektrostatische Lautsprecher zeichnen sich durch besonders reine Wiedergabe aus; allerdings nur im Bereich der zulässigen Aussteuerung. Sie eignen sich sehr gut für die Wiedergabe hoher Frequenzen und ergeben in Kombination mit Baß- und eventuell auch Mitteltönern beste Resultate. Um auch tiefere Frequenzen abstrahlen zu können, erfordert dieser Lautsprechertyp recht große Membrane. Gute Konstruktionen werden dadurch ziemlich teuer.
Als mechanisch bewegtes System folgt die Lautsprechermembran ihrem Antrieb nur mit einem gewissen Widerwillen. Dadurch treten nicht nur Verzerrungen klirrender Art auf, sondern auch Veränderungen des Klangbildes. Die Membran braucht eine bestimmte Zeit, ehe sie zur vollen Amplitude 'aufgeschaukelt' ist, Amplitudenveränderungen folgt oder zur Ruhe kommt.
Kurze Ein- und Ausschwingzeiten bestimmen demnach die Qualität der Wiedergabe. Sie hängen nicht nur von der Konstruktion der Lautsprecher ab, sondern auch von der Straffheit der Führung durch den Verstärker. Er muß die Membran gewissermaßen am kurzen Zügel halten. Ein geringer Innenwiderstand des Verstärkers trägt viel dazu bei. Er stellt eine hohe Belastung und damit starke Dämpfung für die in der Schwingspule induzierten Gegenströme dar. Eine hohe Lautsprecherdämpfung wird auch durch den Einbau des Lautsprecherchassis in ein Gehäuse erreicht.

Eine wichtige Eigenschaft eines Lautsprechers ist seine Abstrahlcharakteristik. Sie läßt erkennen, wie sich der Schall vor der Membran im Raume ausbreitet. Die stärkste Abstrahlung erfolgt in der senkrechten Mittellinie auf die Membran. Um sie herum bildet sich ein Abstrahlkegel, dessen Winkelöffnung mit sinkenden Frequenzen immer größer wird. Die höchsten Töne vernimmt man nur in einem schmalen Bereich um die Lautsprecherachse. Für die Beschallung eines Raumes muß das berücksichtigt werden.
Lautsprecher haben auch einen Frequenzgang. Aufgezeichnet sieht er etwa aus wie der stark überhöhte Querschnitt durch die Alpen. Er zeigt also Spitzen und Täler mit besonderer Hervorhebung eines Bereiches, in dem die Resonanz oder Eigenfrequenz des Lautsprechers liegt.

Lautsprecherkombination — eine Kunst für sich

Abstrahlcharakteristik, Frequenzgang und Eigenfrequenz müssen bei der Lautsprecherwahl berücksichtigt werden. Da man von einer einzigen Membran kaum erwarten kann, daß sie alle Frequenzen gleich gut abzustrahlen imstande ist, werden Lautsprecherkombinationen benutzt, um den Frequenzbereich nach oben und unten auszudehnen und die Wiedergabe im ganzen dadurch zu verbessern, daß man bestimmten Lautsprechern nur die Abstrahlung bestimmter Frequenzbereiche zumutet.
Die Aufteilung in Frequenzbereiche wird mit Frequenzweichen bewerkstelligt, die aus Filtern bestehen, welche mit Kondensatoren und Induktivitäten (Drosseln) aufgebaut sind. Diese Filter sperren genau ausrechenbare Frequenzen oder lassen sie durch.
Der Bereich, in dem sich die Frequenzen für den einen oder anderen Weg zu entscheiden haben, wird als Übergangsfrequenz bezeichnet. Die Steilheit, mit der jeweils Frequenzen abgeschnitten werden, wird in Dezibel pro Oktave gemessen. Je steiler ein Filter abschneidet, um so exakter ist die Trennung, um so mehr muß aber auch darauf geachtet werden, daß zur Vermeidung von akustischen Löchern ausreichende Überlappungen vorhanden sind.
Gute Frequenzweichen sind nicht ganz leicht selbst herzustellen. Es gibt verschiedene Ausführungen auf dem Markt. Beim Kauf ist darauf zu achten, daß ihre Impedanzangaben zu denen der Lautsprecher passen. Ebenso sollen sich die Übergangsfrequenzen den speziellen Frequenzbereichen der Lautsprecher anpassen.
Bei sehr wirkungsvollen Lautsprechern im Mittel- und Hochtonbereich kann man auch noch einen Regler vorschalten, um die Wiedergabe dem individuellen Geschmack anzupassen. Hochtöner dürfen übrigens nie direkt angeschlossen werden, sondern nur über genau passende Kondensatoren!



Im HiFi-Spezialgeschäft kann der Käufer unter vielen Lautsprechertypen die seinem musikalischen Empfinden entsprechende Kombination von Hoch-, Mittel- und Tieftönern zusammenstellen lassen.

Bei der Aufteilung in Frequenzbereiche werden Zwei- oder Dreiwegsysteme unterschieden. Schon der Name erklärt ihre Funktion je nach der Aufteilung der gesamten Frequenzen in zwei oder drei Bereiche.
Mit diesen Erörterungen sind wir schon weit in die Einzelheiten des Lautsprechereinbaus vorgedrungen. Die Eigenschaften eines Lautsprechers hängen wirklich in hohem Maße von seinem Einbau ab. Für sich allein hat auch das teuerste Lautsprecherchassis nur miserable Wiedergabeeigenschaften. Um das zu verstehen, betrachten wir einen frei arbeitenden dynamischen Lautsprecher. Dabei fällt uns auf, daß seine Membran die Luft nach beiden Seiten, nach vorne und rückwärts in Bewegung setzt. Einem Druck nach vorne entspricht ein Sog auf der Rückseite. Die Frequenz bleibt dabei auf beiden Seiten gleich, aber der Ton wird jeweils mit einem Phasenunterschied von 180 Grad erzeugt. Dem Wellental auf der einen entspricht ein Wellenberg auf der anderen Seite.
Begegnen sich solche Tonschwingungen entgegengesetzter Phasenlage irgendwo im Raum, löschen sie sich nach dem Gesetz der Interferenz gegenseitig aus. Praktisch wirkt sich dieser Vorgang in einer Verminderung des Wirkungsgrades aus, und zwar mit einem — nach den tiefen Frequenzen zu — rasch wachsenden Effekt. Die Wiedergabe der tiefen Töne wird also immer schlechter.
Mit einer in der Ebene der Membran angeordneten Wand kann man nun die Begegnung der Frequenzen entgegengesetzter Phasenlage verhindern. Das wird durch den Einbau des Chassis in eine Schallwand erreicht, die beide Abstrahlungen voneinander trennt.



Das Lautsprechersystem muß natürlich auf Verstärker und Plattenspieler abgestimmt sein. Im gutsortierten Fachgeschäft hat es der Interessent heute einfach, selbst alle Kombinationen durchzuspielen.

Eine vollständige Trennung setzt eine unendlich große Wand voraus. Genau betrachtet, hängt die erforderliche Wandgröße von der Wellenlänge der in Frage kommenden Frequenzen ab. Da sie nach unten irgendwo begrenzt sind, findet auch die Ausdehnung der Schallwand eine Grenze. Als Beispiel möge dienen, daß eine Schallwand für die einwandfreie Wiedergabe bis herunter zu 40 Hertz einen Durchmesser von 4 Metern aufweisen muß. Man kommt dabei also zu recht unhandlichen Dimensionen.
Setzt man dem Rand einer kleineren viereckigen Schallwand nach rückwärts einen Rahmen auf, so erreicht man die gleiche Wirkung wie bei einer Vergrößerung der Schallwand. Der Gedanke liegt nahe, den Kasten nun auf der Rückseite ganz zu schließen. Tatsächlich werden alle modernen Lautsprecherboxen nach diesem Schema gebaut.

Das Ungewöhnliche an der Baßreflexbox

Eine Zeitlang machte der nicht vollständig abgeschlossene Kasten als Baßreflexbox viel von sich reden. Sie erzielte einen hohen Wirkungsgrad dadurch, daß sie nicht nur die vordere, sondern auch die rückwärtige Schallabstrahlung zur Wiedergabe ausnutzte. Dazu wird der Schall durch eine Öffnung in der Vorderwand oder im hochgestellten Bodenteil aus der Box herausgelassen. Der so entstehende Umweg läßt sich mit Einbauten derart verlängern, daß sich die ursprüngliche Phasendifferenz zwischen vorderer und rückwärtiger Schallabstrahlung wieder ausgleicht und eine vorwiegend gleichphasige Abstrahlung zustande kommt.

Die Größe der Öffnung und das Volumen der eingeschlossenen Luft müssen aber sehr genau berechnet werden, da sie die Eigenresonanz des Kastens bestimmen. Zusammen mit der Eigenresonanz des Baßlautsprechers kann nach den Gesetzen gekoppelter Schwingkreise eine flache und breite Resonanzkurve entstehen, die einen günstigen Frequenzgang bewirkt. Stimmt diese Kopplung nicht, zeigen sich gefährliche Resonanzspitzen, die als hallige und bumsige Bässe für die meisten Baßreflexboxen charakteristisch sind. Richtig gebaut, bringt aber jede dieser Boxen einen ungewöhnlich musikalischen, freien und leichten Ton.
In der letzten Zeit bevorzugt man einen einfacheren Weg, indem man den rückwärtigen Teil der Schallabstrahlung vollständig vernichtet. Dazu wird die Boxrückseite luftdicht abgeschlossen und das Innere mit stark schalldämpfendem Material ausgekleidet, oft sogar ganz damit gefüllt. Diesen 'akustischen Sumpf' absorbiert die rückwärtige Schallabstrahlung völlig.
Mehr noch als bei der Baßreflexbox ist darauf zu achten, daß auch die Wände der geschlossenen Box allseitig schwingungssteif sind. Sie werden aus möglichst dickem Material gebaut. Die Boxen erhalten deshalb auch ein ziemlich hohes Gewicht.
Da der Schall im Innern sowieso vernichtet werden muß, brauchen die Gehäuse nicht allzu groß ausgeführt zu werden. Ihre Dimensionen hängen hauptsächlich von der Größe der Lautsprecherchassis ab.
In jüngster Zeit hat man gelernt, auch kleine Lautsprecher mit niedriger Eigenfrequenz herzustellen. Deshalb erscheinen immer kleinere Boxen auf dem Markt, die überall leicht aufzustellen sind und oft überraschend gut klingen. Zu ihrem Bau gehört aber einige Erfahrung. Es werden darum recht unterschiedliche Qualitäten angeboten. Die Wirkung solcher Klein- oder Brikettboxen zieht noch aus einem besonderen Phänomen Nutzen: Erhält das Ohr bei der Musikwiedergabe die Obertöne möglichst vollständig angeboten, dann ergänzt es von sich aus den Grundton, der in der Wiedergabe überhaupt nicht meßbar vorhanden zu sein braucht. Derartige Pseudobässe sind also eine Illusion, sie stellen aber — wie viele Illusionen — den Menschen zufrieden.
Eine auch meßbar hochwertige Wiedergabe kommt nur mit möglichst großen Boxen und nicht zu kleinen Baßlautsprechern zustande. Dabei werden vorwiegend Dreiwegsysteme verwendet und oft auch mehrere Hochtöner eingebaut. Viele solcher Boxen hatten anfänglich den Nachteil einer ziemlich matten, dumpfen Wiedergabe, bei der der Ton wie mit einer Decke verhangen schien. Meist lag der Fehler bei der Wiedergabe der mittleren Frequenzen. Fachmännisch gebaut, klingt auch die geschlossene Box leicht und lebendig. Man spricht dann von einer hohen Präsenz der Lautsprecherwiedergabe.

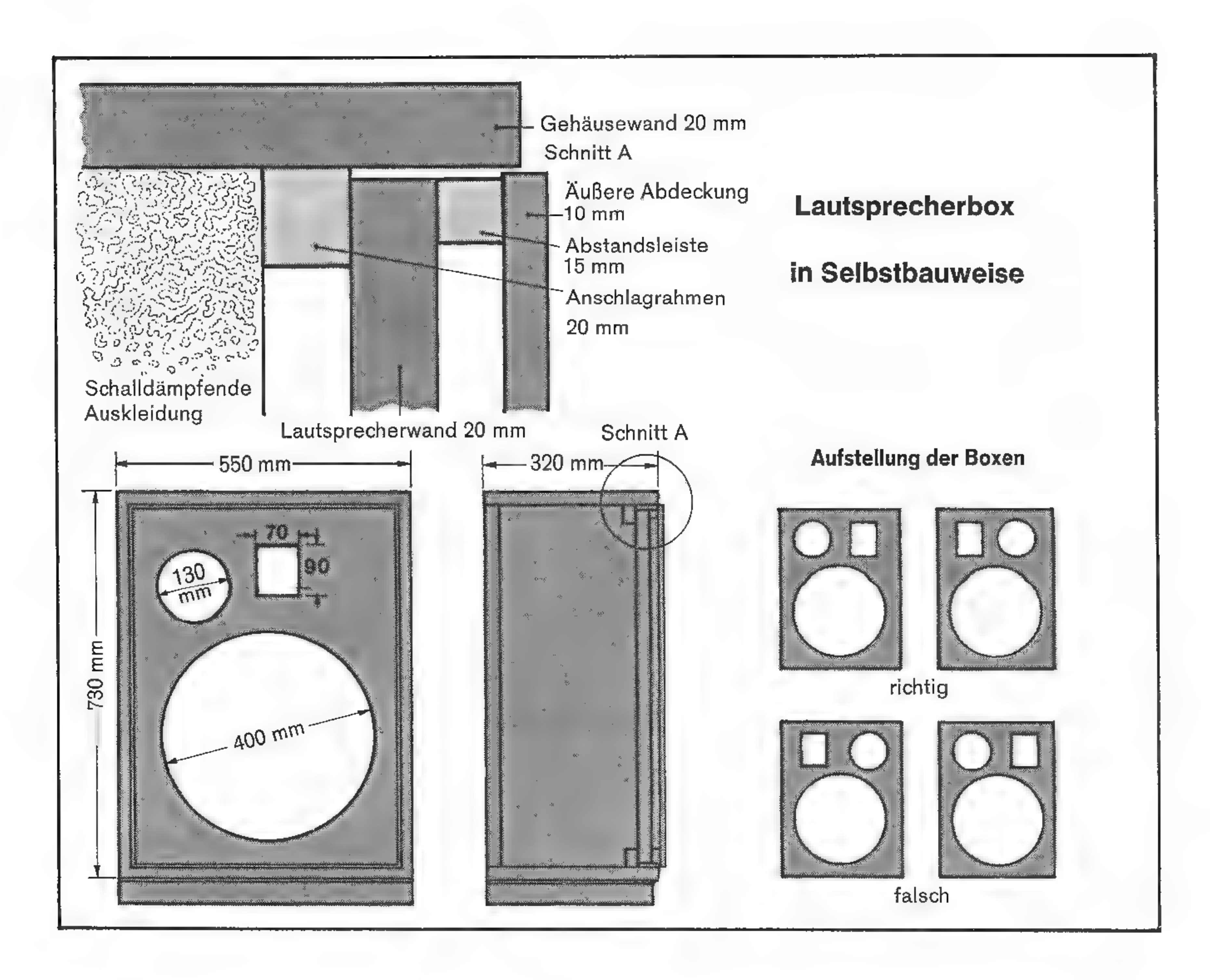
Die innere Dämpfung der geschlossenen Box wirkt auf die Lautsprechermembran als starke Bremse. Sie neigt dabei weniger zu Flatterbewegungen und hat nur ganz kurze Einschwingzeiten.
Da die Luft im Innern nicht ausweichen kann, müssen die einzelnen Lautsprechersysteme pneumatisch voneinander isoliert werden, wenn nicht jede Membran die Bewegung der anderen mitmachen soll, dazu auch noch gegenphasig. Jede einwärts bewegte Membran drückt über die Luft eine andere nach außen. Das führt zu einer erheblichen Wiedergabebeeinträchtigung. Die Isolation geschieht durch eine dichte Abkapselung des Mitteltöners auf seiner Rückseite. Moderne Hochtöner sind rückwärts sowieso geschlossen.
Da bei der geschlossenen Box nicht nur die Hälfte der Abstrahlung vernichtet wird, sondern die Membrane auch eine sehr starke Dämpfung erfahren, haben solche Konstruktionen einen sehr niedrigen Wirkungsgrad. Dies ist einer der Gründe, weshalb neuzeitliche HiFi-Anlagen so hohe Verstärkerleistungen erfordern. Andererseits sind solche kompakten Boxen auch ziemlich unempfindlich gegen Überlastungen.

Die Beurteilung der Lautsprecherboxen

Die Lautsprecher sind das einzige Gerät in einer HiFi-Anlage, das als eine Art Musikinstrument angesehen werden kann. Bei ihm erzeugt ein mechanisch schwingender Körper den Klang. Was man in Zahlen darüber aussagen kann, vermittelt keine Vorstellung von dem, was schließlich zu hören ist.
In den Prospekten erscheinen Angaben über die Zahl der zusammengebauten Systeme, über den Frequenzgang und über die Belastbarkeit. Niemand würde aus ähnlichen Angaben auf die Qualität einer Geige schließen.
Für die Beurteilung von Lautsprechern gibt es letzten Endes kein anderes Kriterium als das eigene Gehör. Alle vergleichenden Lautsprechertests, wie sie bisher durchgeführt wurden, sind naiv — Selbsttäuschung oder Wichtigtuerei. Ein wirklich brauchbarer Vergleich verlangt für jeden Versuch eine optimale Einstellung vom Verstärker her und die optimale Anpassung an den Raum. Mit Umschaltspielereien ist da wenig getan. Schon bei veränderter Verstärkereinstellung, erst recht in einem anderen Raum, kommt ein ganz anderes Resultat zustande.
Für die Wahl ist demnach die Hörprobe mit beiden Boxen im eigenen Heim ausschlaggebend. Dabei suche man mit den Klangreglern für jedes Boxenpaar das Beste herauszuholen. Das eine wird mit dieser, das andere mit jener Einstellung die beste Wiedergabe bringen. Nicht zuletzt deshalb, weil jedes Paar zusammen mit dem Raum eine nur ihm eigentümliche Klangeinheit bildet. Ergebnisse aus einem anderen Raum können nicht übertragen werden.

Die Boxen kann man selber machen

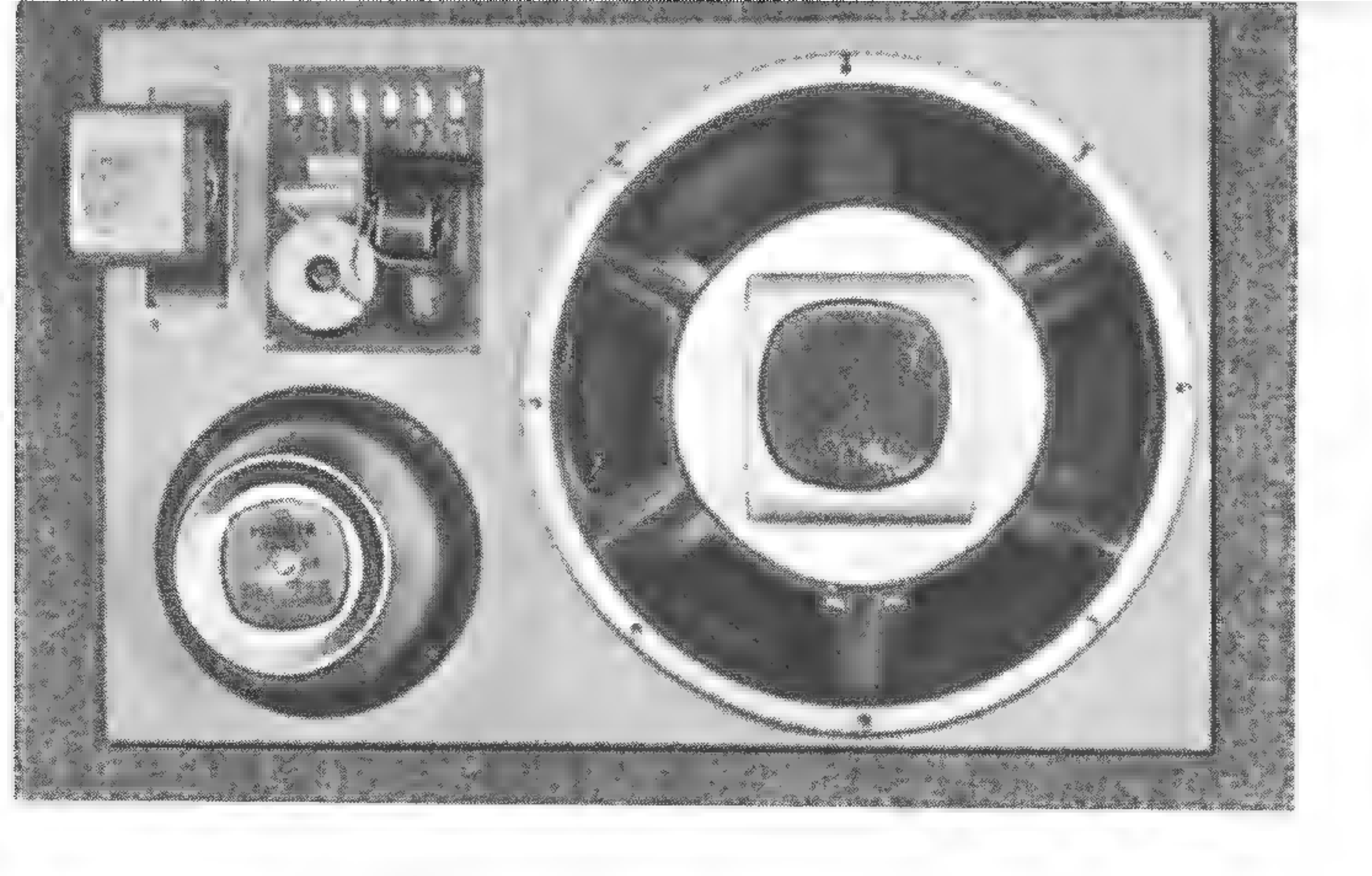
Das einzige Stück unserer HiFi-Anlage, dessen Selbstbau sich wirklich lohnt und ohne jedes Risiko auch bei geringem Bastlergeschick gewagt werden kann, ist die Lautsprecherbox. Aus diesem Grunde haben wir uns auch etwas ausführlicher mit den Eigenheiten der geschlossenen Lautsprecherbox befaßt. Wer Holzarbeiten ausführen kann oder einen Schreiner kennt, der ihm diese Arbeiten zu einem erträglichen Preis liefert, kann fast das ganze für die Lautsprecher vorgesehene Geld in die Anschaffung hochwertiger Lautsprecherchassis stecken. Er wird für die Mühe der Montage mit einer Wiedergabequalität belohnt, die bei fertig gekauften Boxen erheblich mehr kosten würde. Der Bau wird dadurch erleichtert, daß alle Dimensionen nicht kritisch sind. Abweichungen bringen kein Risiko, wenn man nur dafür sorgt, daß die Lautsprecherchassis auf der Frontplatte untergebracht werden können und auch in der Tiefe genügend Raum finden.
Vorteilhaft ist es jedoch, nicht kleinlich zu sein; die Box klingt bei größeren Abmessungen immer besser als bei kleinen. Dies gilt immer, gleichgültig, welche Typen von Lautsprechern man wählt. Auch hier bleiben große Freiheiten eingeräumt. Jeder tüchtige HiFi-Händler bietet passende Kombinationen an, die er entweder selbst zusammenstellt oder unter den vom Hersteller angebotenen Bausätzen auswählt.
Das Gehäuse unserer Box bauen wir aus mindestens 2 Zentimeter starken Tischler- oder Faserplatten, die an den sichtbaren Flächen und Kanten furniert werden. Der nach vorne offene Kasten ist gut zu verleimen, die größeren Flächen können noch durch aufgesetzte Querhölzer versteift werden. Die fertige Box darf beim Beklopfen an keiner Stelle hohl klingen.
Unter dem Kasten kann man noch einen eventuell teilweise abgesetzten Sockelrahmen vorsehen. In den dadurch frei liegenden Boden bohren wir ein kleines Loch, durch das später das Zuleitungskabel mit einem Leiterquerschnitt von mindestens 1 Quadratmillimeter geführt wird. Es ist vorteilhaft, wenn man es zuerst einmal bis zu Schraubklemmen unten an der Rückseite des Kastens führt, an die dann später die Verbindungsleitung zum Verstärker geklemmt wird.
Wie in der Zeichnung zu sehen ist, wird in die Kastenöffnung ein ringsum laufender Anschlagrahmen eingesetzt, auf dem später die vordere Schallwand mit den Lautsprechern festgeschraubt wird. Um den Schall zu schlucken,



erhält das Gehäuse innen eine mindestens 5 Zentimeter dicke Auskleidung aus Polster- oder Verpackungswatte, die in Bahnen zu haben ist. Befestigt wird sie mit ausreichend langen Nägeln und Pappunterlagscheiben. Zur Verkleidung wird oft auch Glaswolle empfohlen. Der Bastler wird aber an diesem Material und seinen stechenden Fasern wenig Freude haben.

Die Schalldämpfung gestaltet sich noch vollkommener, wenn wir passend zugeschnittene Vorhänge aus dem Auskleidungsmaterial an der inneren Oberseite befestigen und frei herabhängen lassen. Es soll aber nur so viel Material hineingepackt werden, daß die Lautsprecher darin noch Platz finden. Die vordere Schallwand wird aus dem gleichen Material geschnitten. Sie soll mit einigen Millimetern Spiel in den Kastenausschnitt passen, damit sie leicht wieder herausgenommen werden kann.

Die Zeichnung zeigt auch die Anordnung der Ausschnitte in der Schallwand, die sich nach den Einbaumaßen der Lautsprecher richten. Die untere große Öffnung nimmt den Baßlautsprecher Pioneer PW-38 C auf. Der kleinere runde Ausschnitt ist für den als Mitteltöner verwendeten Pioneer PE-12 und der viereckige Ausschnitt für den Hochtöner Pioneer PT-7 vorgesehen.



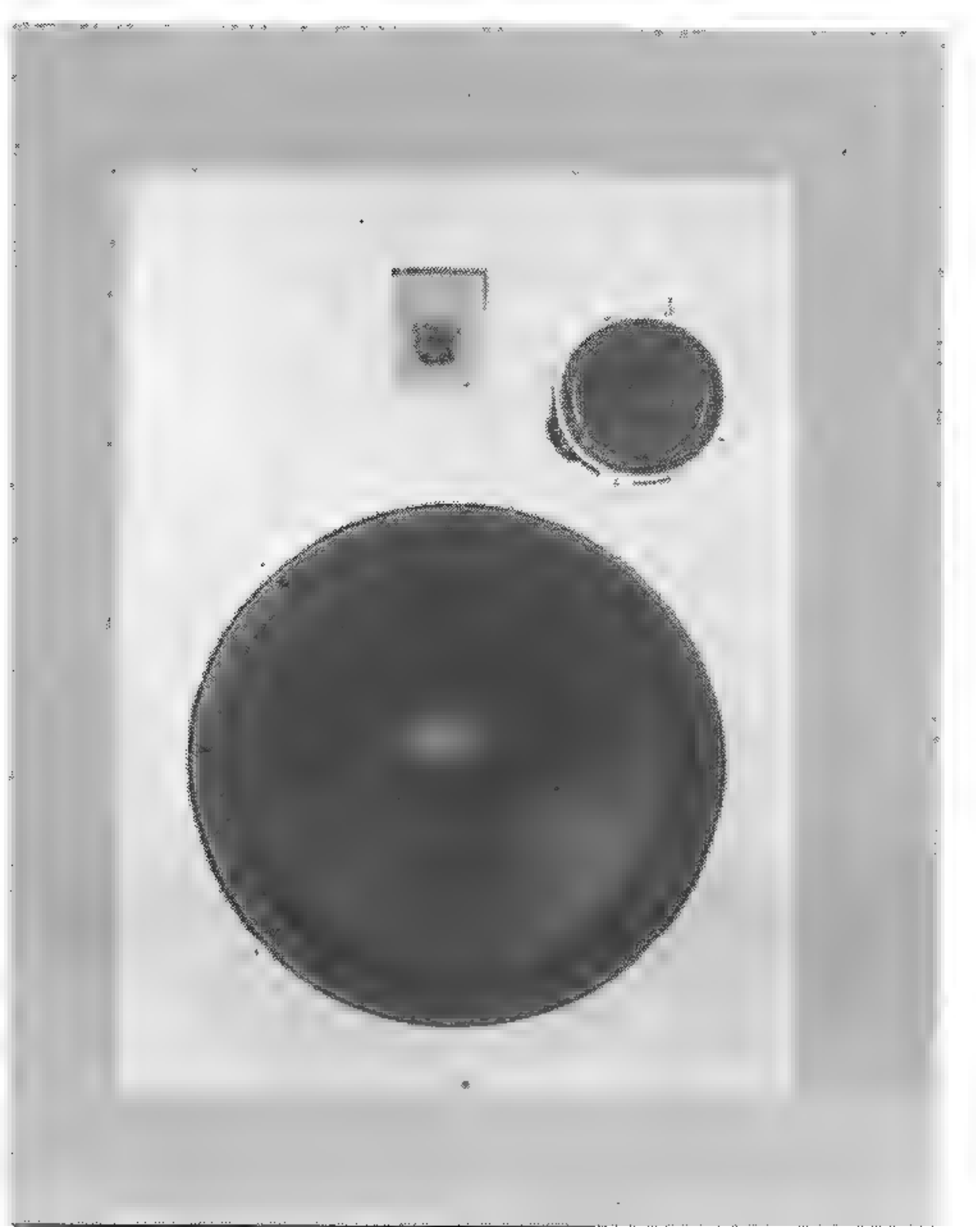
Das Pioneer-System AS 303 A enthält neben Hoch-, Mittel- und Tiefton-Lautsprechern auch alle weiteren Bestandteile, die für den Selbstbau einer kompakten Box nötig sind.

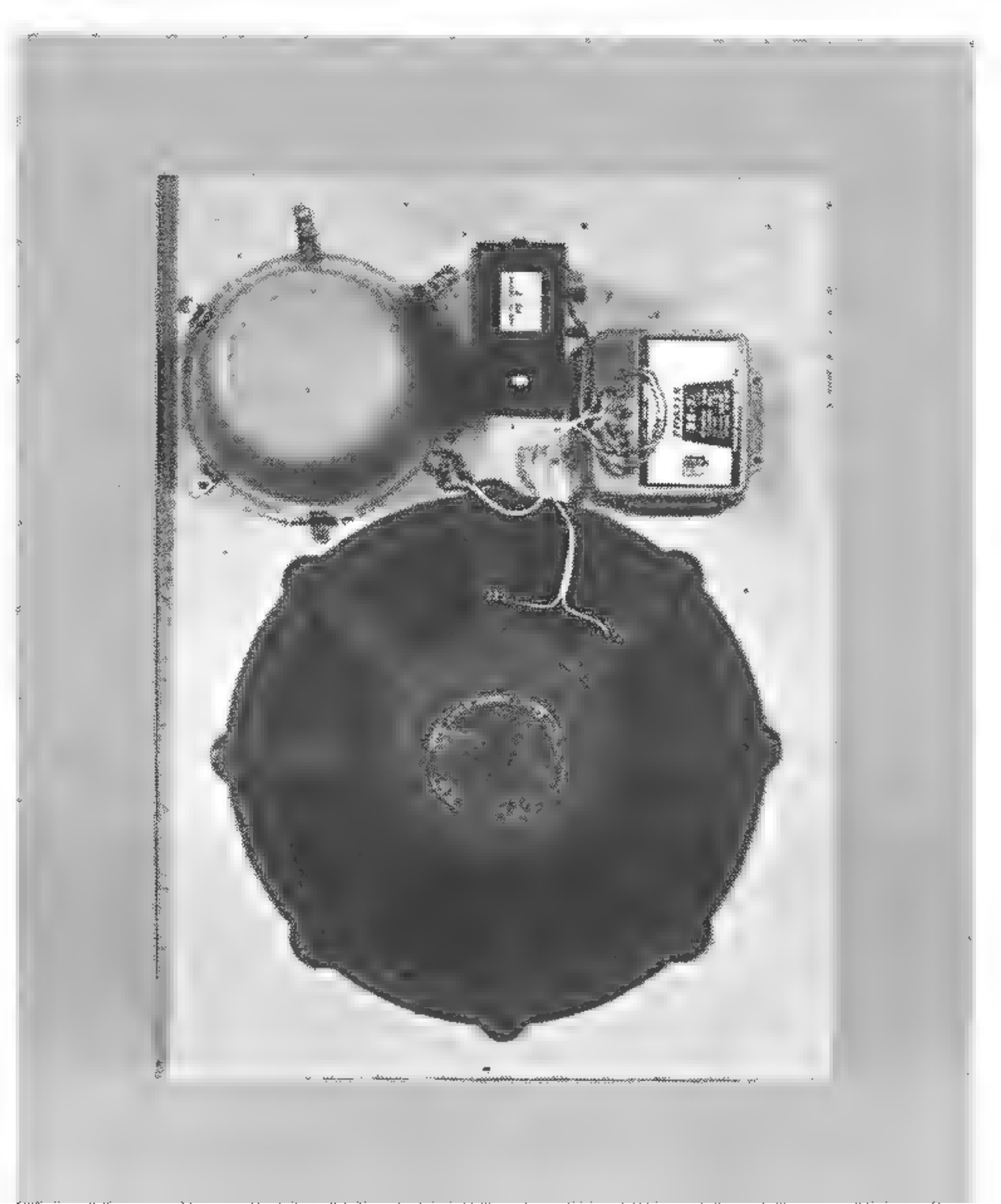
Die Schallwände der beiden Boxen werden spiegelsymmetrisch ausgeschnitten. Bei der Platzverteilung nicht vergessen, daß auch noch die Frequenzweiche Pioneer DN-7 unterzubringen ist.

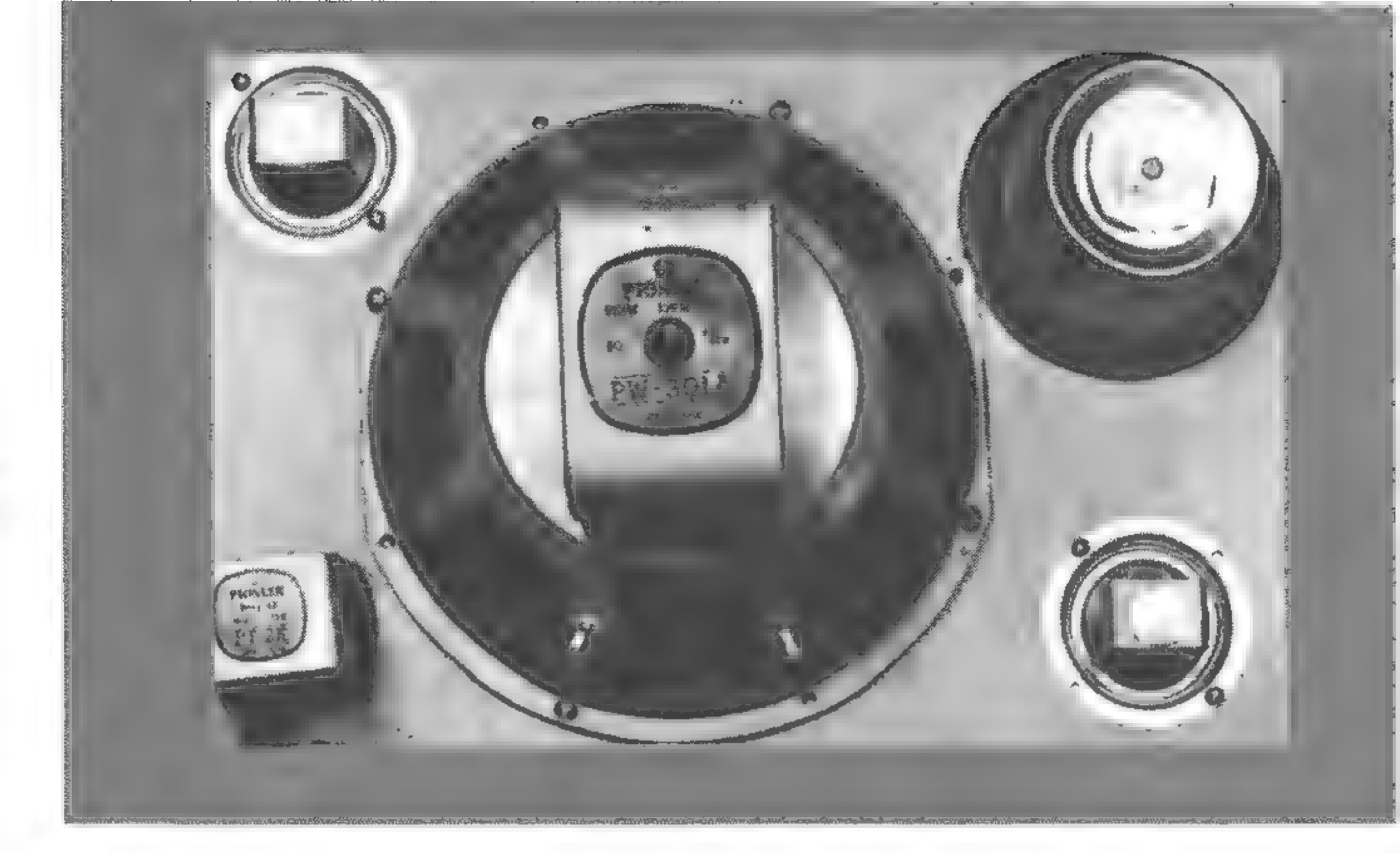
Zum Abschluß des Mitteltöners besorgen wir uns für jede Box eine nicht zu dünnwandige Kunststoffschüssel, die tief genug sein muß, um auch den Lautsprecher aufzunehmen. Es ist günstig, wenn die Schüssel einen umgebogenen Rand hat. Dann kann man sie mit selbstgemachten Blechhaken festhalten, die auf der Schallwand verschraubt werden.

Vor dem Abschluß muß die Lautsprecherzuleitung herausgeführt werden. In unserem Baumuster benutzten wir dazu Messingblechstreifen, um keine Rillen in die Schallwand schneiden zu müssen. Der Lautsprecher hat eine Polmarkierung in Rot, die wir für das spätere Zusammenschalten brauchen. Die entsprechende, unter dem Rand der Schüssel durchführende Zuleitung wird deshalb ebenfalls rot gekennzeichnet.

Vor dem Abschluß des Mitteltöners umwickeln wir ihn noch mit einigen Lagen Verpackungswatte, um seine Dämpfung zu verbessern. Dabei darf natürlich

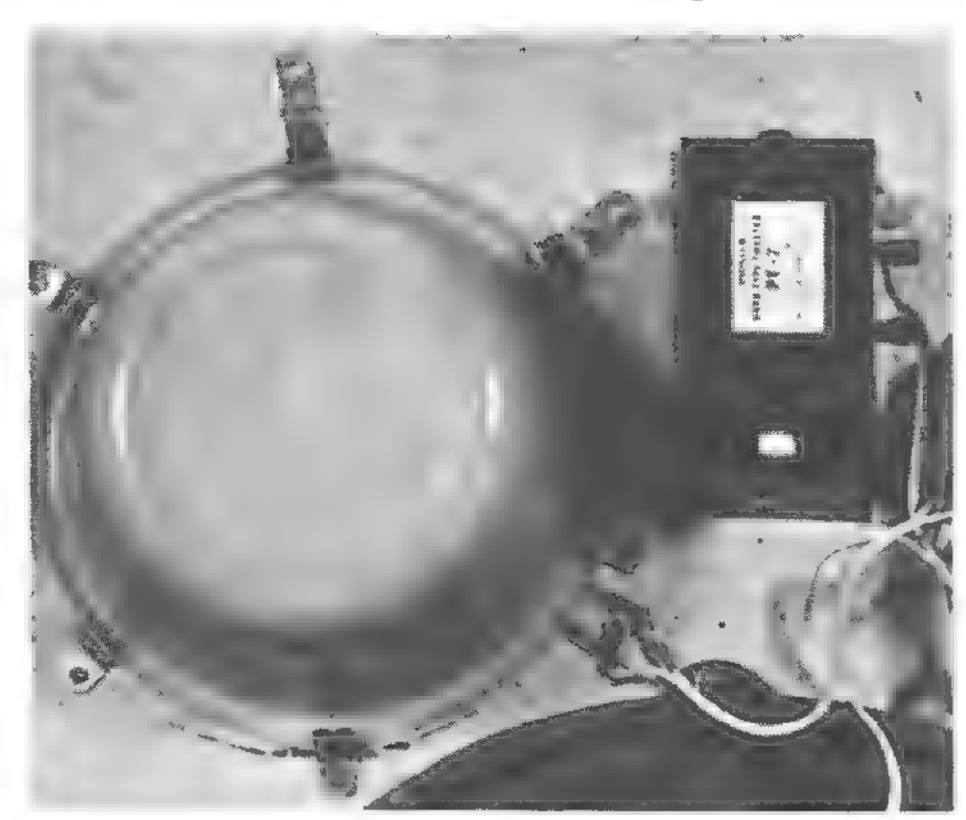






Eine Selbstbaubox aus den Bestandteilen des Pioneer-Systems AS 305 A ist der Traum vieler HiFi-Freunde. Die Lautsprecher dieses Systems zählen zur Spitzenklasse.

keine Watte auf die Membran kommen. Der Hochtöner ist frei einzubauen, da er bereits abgeschlossen ist. Der Tieftöner wird mit kräftigen Schrauben sicher befestigt. Seine Dämpfung übernimmt das Innere der Box.
Mit der Frequenzweiche wird eine Anleitung zur richtigen Verbindung mit den Lautsprechern geliefert. Dabei ist besonders auf die richtige Polung der rot gekennzeichneten Lautsprecheranschlüsse zu achten. Die umschaltbare Frequenzweiche ist auf Dreiweganschluß zu schalten.
Als Verbindungskabel wählen wir wieder eine Litze mit einem Querschnitt von mindestens 1 Quadratmillimeter, deren beide Adern wir mit kleinen Isolierstreifen rot kennzeichnen, damit die Anschlüsse nicht verwechselt werden.
An der fertig montierten Schallwand darf nichts wackeln. Jedes vibrierende Material verschlechtert die Wiedergabe. Auf die Vorderseite der Schallwand werden entlang der Kante kurze Abstandsleisten geklebt. Sie sollen die vordere Abschlußwand in der richtigen Lage halten. Diese besteht aus einer etwa 1 Zentimeter dicken Platte mit Ausschnitten, die genau zu denen der Schallwand passen, aber um etwa 2 Zentimeter nach allen Seiten größer sind.



So sieht die Lautsprecherbox aus, die nach dem Plan auf Seite 165 gebaut wurde. Links außen die Vorderansicht der Schallwand, daneben eine Rückansicht dieser Wand. Die Frequenzweiche befindet sich rechts über dem Tiefton-Lautsprecher. Das Bild rechts zeigt, wie der Mitteltöner durch eine gewöhnliche Kunststoffschüssel abgeschirmt wird.

Als Verkleidung wird ein sehr poröser Stoff gewählt, der also gut schalldurchlässig ist. Ein geeignetes Material ist das Kunststoffgewebe Saran, das jeder HiFi-Händler in verschiedenen Farben besorgen kann. Der Stoff wird um die Kanten der Abschlußwand herumgeführt und mit Reißnägeln befestigt. Die Maße der Wand müssen den Stoff mit einbeziehen. Sie braucht nämlich nur in den Rahmen der Box eingeklemmt zu werden. Da sieht es gut aus, wenn die Wand noch etwa einen halben Zentimeter nach vorne herausragt. Wer den Bau mit billigeren Lautsprechern beginnt, kann die Box später — bei einer besseren Bestückung — wieder verwenden. Er braucht dann nur eine neue Schallwand zu nehmen. Aus der großen Zahl möglicher Lautsprecherkombinationen seien hier nur einige zusammengestellt:

Baß	Mittel	Hoch	Weiche
Pioneer PW 30 C	Pioneer PM 16 B	Pioneer PT-6	Pioneer DN-7
Electro Voice SP 12 B	Electro Voice MT 30 B	Electro Voice T 35	Electro Voice X 36
Duode 12 E	Goodmans Axiette 8	Kelloy Bändchen	DN-7

Fertige Kombinationen mit Weiche liefert auch Grundig, zum Beispiel den Typ LS 40. Von Standard Elektrik stammen die Typen LPT 245 und LPMH 1318 (Zweiwegsystem). Das gesamte Material einschließlich Auskleidungswatte enthalten die Bausätze von Pioneer. Modell AS-303 A besteht aus einem Tieftöner mit 30 Zentimeter Durchmesser, einem Mittel- und einem Hochtöner mit Horn. Dazu gehören noch die Frequenzweiche und ein Hochtonregler. Das Modell AS 305 A enthält sogar drei Hochtöner, so daß insgesamt fünf Lautsprecher verwendet werden. Mit zwei Reglern läßt sich die Hoch- und Mitteltonwiedergabe beeinflussen. Derart vorbereitet, ist der Bau von Lautsprecherboxen ein risikoloses Unternehmen.

Experimente mit der Raumakustik

Jeder kennt die Veränderungen, die eine Stimme in verschiedenen Räumen erleidet. Der hallende Klang in einem Kellergewölbe und die Tragfähigkeit des Gesanges im Badezimmer sind nur Beispiele für alltägliche Erfahrungen. Den gleichen Einflüssen ist auch die Lautsprecherwiedergabe ausgesetzt. Es lohnt sich also, einiges über die akustischen Eigenschaften des Raumes zu erfahren, um durch die Wahl des Aufstellungsplatzes oder durch Veränderungen im Raum selbst die beste Wiedergabe zu erhalten.



Jeder Wohnraum läßt sich grundsätzlich in einen HiFi-Konzertsaal verwandeln. Wichtig ist vor allem, daß der Stereoeffekt überall und nicht nur an bestimmten Punkten des Zimmers zu hören sein muß. Die Bilder zeigen Ausschnitte aus einem Dachstudio.

Im Freien breitet sich eine Schallwelle ungehindert nach allen Seiten aus. Dabei nimmt die Schallintensität mit der Entfernung ab; die Zeitdauer, während der ein Ton erklingt, bleibt jedoch erhalten.
Befindet sich aber im Ausbreitungsgebiet ein Hindernis, so wird der Schall von diesem zurückgeworfen. Der Hörer empfängt ihn sowohl auf direktem Wege von der Schallquelle wie auch auf indirektem Wege als Reflexion vom Hindernis. Dabei legen die Schallwellen verschieden lange Wege zurück, so daß die beiden Eindrücke in zeitlichem Abstand ankommen.
Dauert das Schallereignis lange genug an, können sich die Eindrücke sogar eine gewisse Zeitlang addieren: Man hört zuerst nur den direkten Schall, dann die Summe des direkten und des reflektierten Schalls. Wenn der direkte Schall verklungen ist, hinkt der indirekte entsprechend schwächer nach. Der Schall baut sich also stufenförmig auf — mit einer Verstärkung beim Eintreffen des zusätzlichen reflektierten Schalls und einer Abschwächung, sobald mit dem Ende des direkten Schalls nur noch der reflektierte übrigbleibt.
Ist das ursprüngliche Ereignis kurz genug, werden die Eindrücke getrennt wahrgenommen — der indirekte Schall kommt als Echo an.
Derselbe Vorgang spielt sich auch in einem geschlossenen Raum ab. Allerdings liegen hier die Verhältnisse bedeutend komplizierter, da zahlreiche Reflexionen beteiligt sind und der Schall überdies noch mehrfach von den Wänden hin- und hergeworfen wird. Man hört nun nicht mehr einen einfachen,

stufenförmigen Aufbau des ankommenden Schalls. Einfach- und Mehrfachreflexionen überlagern den Direktschall und vermitteln so dem Hörer die akustischen Besonderheiten des Raumes. Dabei wird der Schalleindruck zuerst rasch und dann langsamer ansteigend immer lauter, bis er ein Maximum erreicht hat (Anhall), um von diesem Höhepunkt an zuerst rasch und dann immer langsamer zu verklingen (Nachhall).
Bei kleinen Räumen mit harten Wänden treten viele kräftige, den Eindruck verstärkende Reflexionen auf (Badezimmer), bei großen Räumen tritt die Schallverstärkung gegenüber einer Verlängerung des Nachhalls zurück (Konzertsaal). Je länger der Nachhall andauert, um so mehr verwischt er kurz aufeinanderfolgende Schallereignisse. Die Verständlichkeit und damit Durchsichtigkeit — bei musikalischen Darbietungen — nimmt ab.
Die Nachhallzeit hat also einen optimalen Wert, der bei Wohnräumen 0,5 und bei großen Sälen 2,5 Sekunden nicht überschreiten soll. Es ist begreiflich, daß die Anordnung der Schallquelle und der Standort des Hörers den Schalleindruck in einem Raum maßgebend bestimmen.
In Wohnräumen sind noch einige andere Umstände am Schalleindruck beteiligt. Die nahe beieinanderliegenden Wände werfen einen Schallstoß in dichter Folge hin und her, so daß kein definierter Nachhall- beziehungsweise Echoeffekt auftritt (Schetterecho). Dies bewirkt eine Rauhigkeit des Gesamtklanges. Außerdem können bestimmte Wellenlängen so in den Raum passen, daß sogenannte stehende Wellen erscheinen. Man erkennt sie daran, daß der Schalleindruck innerhalb kleiner Entfernungen sehr stark wechselt und ausgesprochene Lautstärkespitzen für bestimmte Frequenzen auftreten.

Lautsprecher nur am rechten Ort

Der Raum muß insgesamt günstige Nachhallverhältnisse besitzen; dafür ist Sorge zu tragen. Wird der Schall zu stark von den Wänden geschluckt (hohe Dämpfung), wirkt der Raum schalltot; der Klang ist dann unangenehm trocken. Bei zu starker Reflexion wird der Klang dagegen unsicher und hallig.
Maßgebend für den Nachhall ist das Material der Wand-, Decken und Bodenverkleidungen. Poröse Stoffe (Teppiche, Polster, Vorhänge und speziell hergestellte Dämmplatten) schlucken den Schall. Schwingungsfähige Stoffe und glatte, harte Oberflächen (Holzvertäfelungen, Möbel oder Glasflächen) können tiefe Frequenzen durch Mitschwingen dämpfen, höhere Frequenzen dagegen reflektieren. Auch die Zahl der in einem Raum anwesenden Personen ist von Einfluß, da deren Kleidung vor allem die über 500 Hertz liegenden Frequenzen stark dämpft.
An diesen wenigen Beispielen erkennt man bereits, wie vielseitig das Pro-

blem der Raumakustik die Lautsprecherwiedergabe beeinflußt. Leistungsbedarf und Abstrahlcharakteristik haben sich dem Raum anzupassen. Der genaue Ort der Lautsprecheraufstellung ist für deren Wirkung entscheidend. Dabei ist vor allem eine stark reflektierende Wand gegenüber den Lautsprechern zu vermeiden. Die seitlichen Begrenzungswände sollen akustisch möglichst von gleicher Beschaffenheit sein. Mit der Stereobalance kann man allerdings einiges ausgleichen, vor allem dann, wenn noch eine für jeden Kanal getrennte Höhen- und Tiefenregelung vorhanden ist.

Wohnräume mit dünnen Wänden und Decken verbrauchen einen höheren Anteil der Bässe. Ein jeder hat schon erfahren, daß in Mietwohnungen vom Nachbarn hauptsächlich das Gebumse der Bässe zu vernehmen ist. Es sind gewissermaßen genau die Frequenzen, die jener verliert. Deshalb dreht er dann gerne seinen Baßregler übermäßig auf.

Experimentieren heißt das große Zauberwort für eine wirklich gute High-Fidelity-Wiedergabe. Es ist erstaunlich, wie anders die Lautsprecher klingen, wenn der Teppich einmal aus dem Zimmer entfernt ist, die Vorhänge geschlossen oder geöffnet sind. Ein gemütlicher Wohnraum ist meist das Gegenteil eines gut klingenden Musikzimmers. Das eine darf also nicht zu Lasten des anderen überbewertet werden.

Noch ein Wort zur stereofonen Wiedergabe. Sie ist kein akustischer Zirkus, in dem Ping-Pong-Bälle hinundherflitzen und Düsenjäger vorüberbrausen. Mit ihr soll die Natürlichkeit des Klangeindruckes vervollkommnet werden — und sonst gar nichts. Um das zu erreichen, wäre es lächerlich, dem Musikfreund die bekannte Anordnung einer Eisenbahnsitzreihe zuzumuten, mit der die Stereowerbung mehr Hörer vergraulte als anlockte. Auch die Konzertbesucher sitzen nicht innerhalb einer schmalen Hörfläche, sondern im ganzen Raum verteilt. Bei guten und richtig aufgestellten Lautsprechern bleibt der Gewinn der Sterefonie, die Plastik der Instrumente und die Durchsichtigkeit des Orchesters, an jedem Ort erhalten. Was sich ändert, ist die akustische Perspektive. Gerade an sie ist der Hörer in der Wirklichkeit gewöhnt.

Ein häufig vernommener Einwand gegen Stereoanlagen betrifft die Lautstärke der Wiedergabe und die Behauptung, daß man dazu große Räume brauche. Wer so urteilt, hat noch keine einwandfreie Anlage gehört.

Jede Wiedergabe kommt begreiflicherweise dem Original am nächsten, wenn sie auch deren Lautstärke erreicht. Ein großes Orchester würde damit einen kleinen Raum sprengen. Seine Übertragung verlangt deshalb einige Änderungen, die in der Natur der Sache begründet sind. Aber selbst bei leisester Wiedergabe und entsprechender Einstellung der physiologischen Lautstärkeregelung — also einer richtigen Korrektur des Frequenzganges — bleibt der volle Genuß der räumlichen Wiedergabe mit all ihren Vorzügen erhalten.

Kopfhörer wieder modern

Es gab einmal eine Zeit, da klemmten alle Rundfunkfreunde den Kopf zwischen zwei Hörmuscheln und erduldeten gerne solche Qual, um das neue technische Wunder zu erleben. Wenn sich heute, über 40 Jahre später, dieselbe Gewohnheit wieder ausbreitet, müssen triftige Gründe die seltsame Renaissance bewirkt haben.

Selbstverständlich sind die modernen Kopfhörer mit den Instrumenten von damals nicht zu vergleichen. Fast alles hat sich inzwischen verändert: Material, Konstruktion und Wiedergabe. Vor allem die Stereofonie hat den Kopfhörer zu nutzen gewußt: Sein unmittelbarer Kontakt mit den Ohren verstärkt die Konzentration, die Aufmerksamkeit und die Intimität des musikalischen Genusses. Die Ausschließlichkeit, mit der jedem Ohr sein entsprechender Kanal zugeteilt wird, steigert den Eindruck des räumlichen Hörens und ist von frappierender Überzeugungskraft.

Dennoch muß man sich darüber klar werden, wie anders der Hörvorgang gegenüber der Wirklichkeit ist. Dort erhält jedes Ohr seinen Sinneseindruck von allen Schallquellen zugleich; ein Vorgang von höchster Differenziertheit. Auf einfachere Verhältnisse reduziert, nimmt auch bei der Stereowiedergabe jedes Ohr den Schall von zwei Lautsprechern auf. Bei der Verwendung von Kopfhörern aber bleibt jedes Ohr auf seinen Kanal beschränkt. Der Raumeindruck ist zwar überwältigend, der Unterschied wird aber deutlich, wenn wir uns das Abhören des Raumes mit zwei Ohren klar machen. Unser Kopf bleibt dabei in ständiger Bewegung, die Raumorientierung wird, wenn auch geringfügig, dauernd verändert. Dadurch erfährt unser Bewußtsein in sehr



Moderne Kopfhörer besitzen für jeden Kanal einen besonderen Pegelregler, so daß man die optimale Balance einstellen kann.

subtiler Weise den Standort der Schallquellen immer wieder neu und, je nach Orientierung unseres Kopfes, auch immer wieder anders.
Das ändert sich beim Kopfhörer in grundlegender Weise. Die Orientierung erfolgt allein über die Informationen der beiden Kanäle, die an fest aufgestellte Mikrofone gebunden sind. Die Folge ist, daß jetzt die Schallquelle bei jeder Kopfbewegung mitzuwandern scheint. Wir sind fest in den Raum mit einbezogen, sehr deutlich, überaus überzeugend, aber ohne die Freiheit, hier- oder dorthin zu horchen.
Der Unterschied fällt nicht jedem auf, er wird meistens sogar als eine Steigerung der Stereofonie willkommen geheißen.
Daneben hat man mit Kopfhörern noch die Annehmlichkeit, daß man keinen Mitmenschen mehr zu stören braucht, selbst wenn man die ganze Nacht hindurch auf maximale Lautstärke eingestellt hat.
Der Konstruktion nach kann man Kopfhörer als winzige Lautsprecher betrachten, mit denen sie auch das Arbeitsprinzip gemeinsam haben. Lediglich die billigeren Kristallhörer stellen eine Umkehrung der piezoelektrischen Tonabnehmer dar. Bei ihnen schwingt ein Kristallsystem im Takte der angelegten Tonspannungen.
Die hochwertigeren Erzeugnisse besitzen als magnetische Hörer eine Membran, die unter dem Einfluß eines tonfrequenten Magnetfeldes schwingt. Dynamische Hörer verwenden zum Antrieb der Membran eine Schwingspule. Ihre Qualität kann fast beliebig hochgetrieben werden, so daß sie für beste Wiedergabe geeignet sind.
Auch größere Kopfhörermuscheln sind sehr angenehm zu tragen. Sie bringen meist eine noch bessere Baßwiedergabe. Unter ihnen findet man auch Typen mit getrennten Baß- und Hochtonsystemen in einem Gehäuse und sogar mit Klangregler.

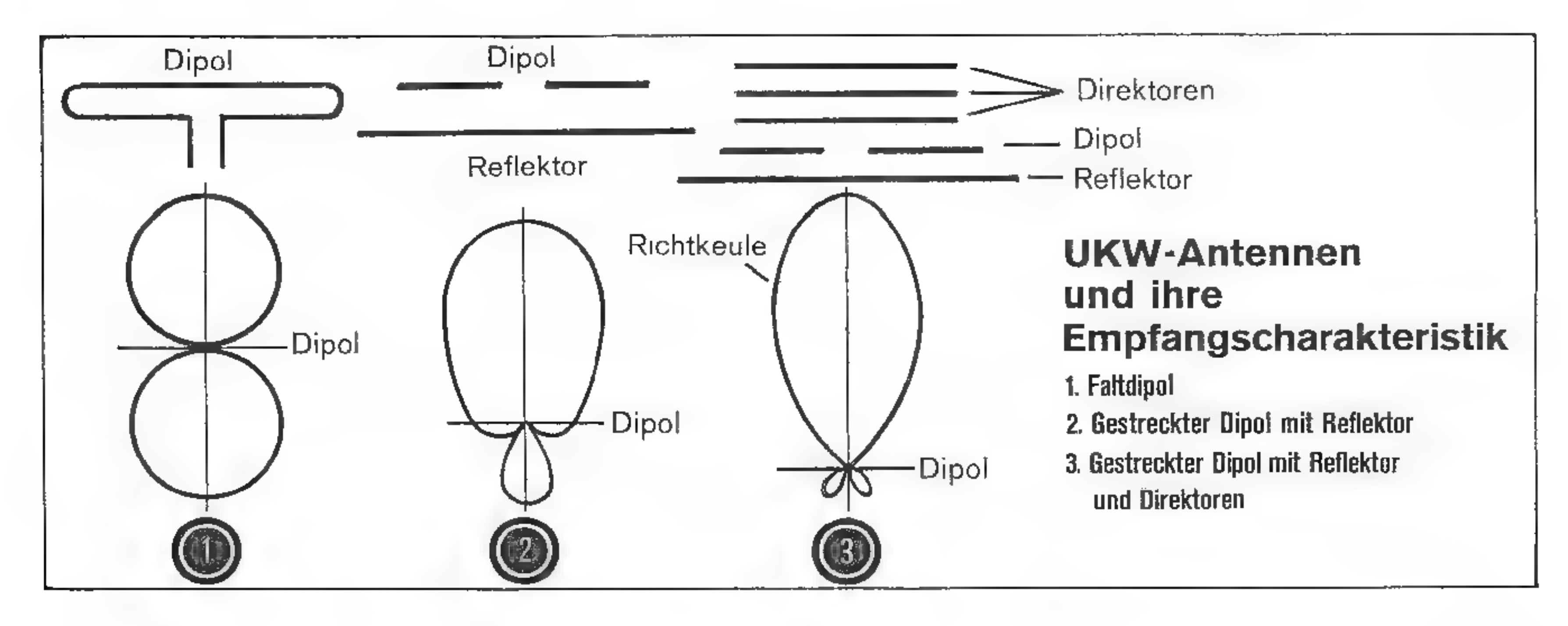
Mikrofone - die Ohren der Stereoanlage

Mikrofone sind im Prinzip nichts anderes als umgekehrte Lautsprecher, die Druckschwankungen der Luft in elektrische Spannungsänderungen umwandeln. Das könnte man — wenn man die Qualität außer acht läßt — ohne weiteres auch mit einem Lautsprecher erreichen.
Einfache Mikrofone werden ähnlich wie Kristalltonabnehmer gebaut. Bei solchen Kristallmikrofonen verbiegt die Membran ein einseitig eingespanntes Kristallplättchen, das nach dem piezoelektrischen Prinzip adäquate Span-

nungsschwankungen abgibt. Die Qualität solcher Konstruktionen kann ausgezeichnet sein.
In elektrodynamischen Mikrofonen bewegt sich eine Spule im Magnetfeld ähnlich wie die Schwingspule eines Lautsprechers. Solche Tauchspulenmikrofone sind robust und hochwertig. In vielen Preisstufen gehören sie zum Zubehör der Tonbandgeräte.
Nach dem gleichen Prinzip arbeiten Bändchenmikrofone. Sie haben statt der Spule ein dünnes Aluminiumbändchen zwischen zwei Magnetpolen.
Kondensatormikrofone funktionieren ganz anders. Ihre meist sehr kleine Membran bildet eine Elektrode eines Kondensators. Dessen Kapazität hängt von der Entfernung beider Elektroden ab und ändert sich deshalb mit den Membranschwingungen. Schaltet man den Kondensator in einen elektrischen Schwingkreis, dann liefert das System den Schallschwingungen entsprechende Frequenzänderungen des Schwingkreises, die dann verstärkt Mikrofonströme steuern. Derartige Konstruktionen erreichen höchste Qualitäten und sind dann nicht billig.
Den Amateur interessiert der auch bei Mikrofonen meßbare Frequenzgang, der nach den HiFi-Normen einen Frequenzbereich von 50 bis 12 500 Hertz einschließen muß. Ihre Empfindlichkeit wird in Millivolt pro Mikrobar (mV/μbar) als Spannungsgradient für eine bestimmte Druckänderung angegeben.
Mikrofone haben eine bestimmte Richtcharakteristik, die für den jeweiligen Verwendungszweck wichtig ist. Bei der Kugelcharakteristik ist das Mikrofon nach allen Richtungen gleich empfindlich, wenn auch die Rückseite die hohen Frequenzen benachteiligt. Bei der Achtercharakteristik wird der Schall nur von vorn und von rückwärts aufgenommen. Die Nieren- oder Kardioidcharakteristik nimmt nur den von vorne kommenden Schall auf. Eine noch betontere Ausrichtung nach vorne bringt die Hyperkardioidcharakteristik.
Für die Verwendung an den verschiedenen Geräten ist schließlich auch noch die Anpassung wichtig. Mikrofone mit hochohmiger Anpassung geben eine hohe Spannung ab und sind für hochohmige Eingänge geeignet. Dabei soll die Eingangsimpedanz die des Mikrofons um das Mehrfache übertreffen, um Verluste bei den Bässen zu vermeiden.
Hochohmige Mikrofone vertragen auch keine beliebig langen Kabel zur Verbindung mit dem Geräteeingang. Bei einer Kabellänge von 10 Metern treten schon empfindliche Verluste an hohen Frequenzen auf.
Für längere Kabel eignen sich Mikrofone mit niedrigen Impedanzen zwischen 200 und 50 Ohm. Ihre Anpassung an einen Verstärkereingang geschieht mit Hilfe eines kleinen Transformators als Mikrofonübertrager, der die Mikrofonspannung heraufsetzt. Niederohmige Mikrofonkabel sind sehr empfindlich gegen Brummstörungen und müssen deshalb gut abgeschirmt werden.

Antennen - Programmangeln im Äther

Antennen sind elektrisch schwingungsfähige Gebilde. Sie werden von den elektromagnetischen Wellen der Sender angeregt und liefern jene winzigen, im Bereich von millionstel Volt liegenden Spannungsschwankungen, die zur Aussteuerung eines Rundfunkempfängers ausreichen müssen.
Dazu werden sie an den Eingangskreis des Empfängers galvanisch durch direkte Verbindung mit einer Spule oder kapazitiv über Kondensatoren angekoppelt. Das Maximum an Übertragung von Schwingungsenergie tritt bekanntlich im Falle der Resonanz ein. Deshalb muß der Eingangskreis auf die Frequenz des jeweils gewünschten Senders abgestimmt werden.
Die von der Antenne gelieferte Spannung hängt begreiflicherweise von der am Empfangsort herrschenden Feldstärke ab, die der betreffende Sender erzeugt und die je nach Höhenlage, Entfernung vom Sender und geophysikalischen Einflüssen wechselt. Die Antenne soll deshalb einen günstigen Standort haben. Bei Ultrakurzwellenempfang ist die Wahl des Antennenortes besonders wichtig. Schon bei einer Standortänderung um wenige Meter kann der Empfang unterschiedlich sein. Da die Wellenlängen im Rundfunk mit seinen Lang-, Mittel-, Kurz- und Ultrakurzwellenbereichen sehr differieren, kann man die Empfangsergebnisse durch eine gewisse Voranpassung der Antenne wesentlich verbessern. Dabei braucht man mit wachsender Frequenz immer kürzere Antennen. Hohe Senderleistungen und gesteigerte Empfindlichkeit der Empfänger machen diese Anpassung nicht besonders kritisch, so daß man im AM-Bereich auch mit der FM-Spezialantenne auskommt.



UKW-Antennen und ihre Empfangscharakteristik
1. Faltdipol
2. Gestreckter Dipol mit Reflektor
3. Gestreckter Dipol mit Reflektor und Direktoren

Bei dem Wunsch, die Antenne zu verkleinern beziehungsweise mehr oder weniger von der Außenantenne unabhängig zu werden, wurde noch eine andere Methode zur Aufnahme von Energie aus dem Äther weiterentwickelt: Normale Antennen empfangen aus dem elektromagnetischen Feld nur die elektrische Komponente, wie sie auch zwischen den Platten eines Kondensators wirksam ist. Auf die magnetische Komponente spricht dagegen eine geschlossene Spule an, und zwar mit größtem Effekt, wenn ihre Achse auf den Sender zu gerichtet ist.

Drahtwindungen mit großem Durchmesser wurden deshalb schon früh als Rahmenantennen für Peilungen verwendet.

Ferritstäbe aus fein gepulvertem Eisen und aus Eisenverbindungen konzentrieren die Kraftlinien des magnetischen Feldes in so hohem Maße, daß als Antennen sehr kleine, auf den Ferritstab gewickelte Spulen genügen. Ihre Empfindlichkeit wird um so größer, je länger und dicker der Ferritstab ist.

Ferritantennen haben eine gute Richtwirkung. Deshalb kann mit ihnen einerseits der gewünschte Sender angepeilt, andererseits ein störender Sender ausgeblendet werden. Da solche Antennen sehr klein sein dürfen, lassen sie sich bequem im Empfängergehäuse unterbringen. Zur Ausnutzung ihrer Peilwirkung sind sie drehbar. Ihre Einstellung wird auf einer Skala angezeigt.

Antennen für den Empfang im UKW-Bereich (etwa 3 Meter Wellenlänge) unterscheiden sich von den früher mehr oder weniger lang ausgespannten Antennendrähten. Um die Arbeitsweise dieser eigenartig geformten Dipolantennen zu verstehen, stelle man sich vor, daß eine Antenne Teil eines elektrischen Schwingungskreises ist. Dabei entspricht die Antenne der einen und die Erde der anderen Platte eines Kondensators. Die dadurch gebildete Kapazität bestimmt die Eigenfrequenz des Schwingungskreises; sie muß also mit wachsender Frequenz kleiner werden. Auf diese Weise entsteht schließlich für die ultrakurzen Wellen (UKW) ein symmetrisches Antennengebilde aus zwei kurzen Leiterstücken (Polen), das als Dipol bezeichnet wird.

Für eine bestimmte Wellenlänge λ beträgt die günstigste Länge jedes der beiden Leiterstücke $\lambda/4$. Solche Dipole könnte man ohne weiteres auch für längere Wellen bauen. Bei einer Wellenlänge von 600 Metern, wie sie im Mittelwellenbereich verwendet wird, müßte allerdings eine Dipolantenne 2×150 Meter lang werden. Das wäre äußerst unbequem.

Eine mit ihrer Länge abgestimmte Antenne lohnt sich erst im UKW-Bereich. Dabei entsteht ein sogenannter Halbwellendipol, dessen Arme je 75 Zentimeter messen. Eine solche Antenne kann auch in der Form eines Faltdipols als geschlossener Bügel gebaut werden. Beide Formen unterscheiden sich in ihrem Hochfrequenzwiderstand, der am Fußpunkt der Antenne in Ohm gemessen wird und an den das Zuleitungskabel anzupassen ist.

Die Dipolantenne hat eine Richtcharakteristik mit einer bevorzugten Empfangsrichtung. Das ist beim monauralen UKW-Empfang schon zu beachten, beim Empfang stereofoner Sendungen aber ist es von ausschlaggebender Wichtigkeit.

Empfang von Stereosendungen

Das stereofone Sendesignal ist gegenüber dem normalen UKW-Signal bedeutend störanfälliger, so daß zu einem einwandfrei rauscharmen Stereoempfang nur beste Empfangsverhältnisse ausreichen. Da die Eingangsempfindlichkeit der Empfänger nicht beliebig hochgetrieben werden kann, ist die Reichweite bedeutend geringer. Man rechnet mit einer Verminderung von mindestens 20 Prozent.

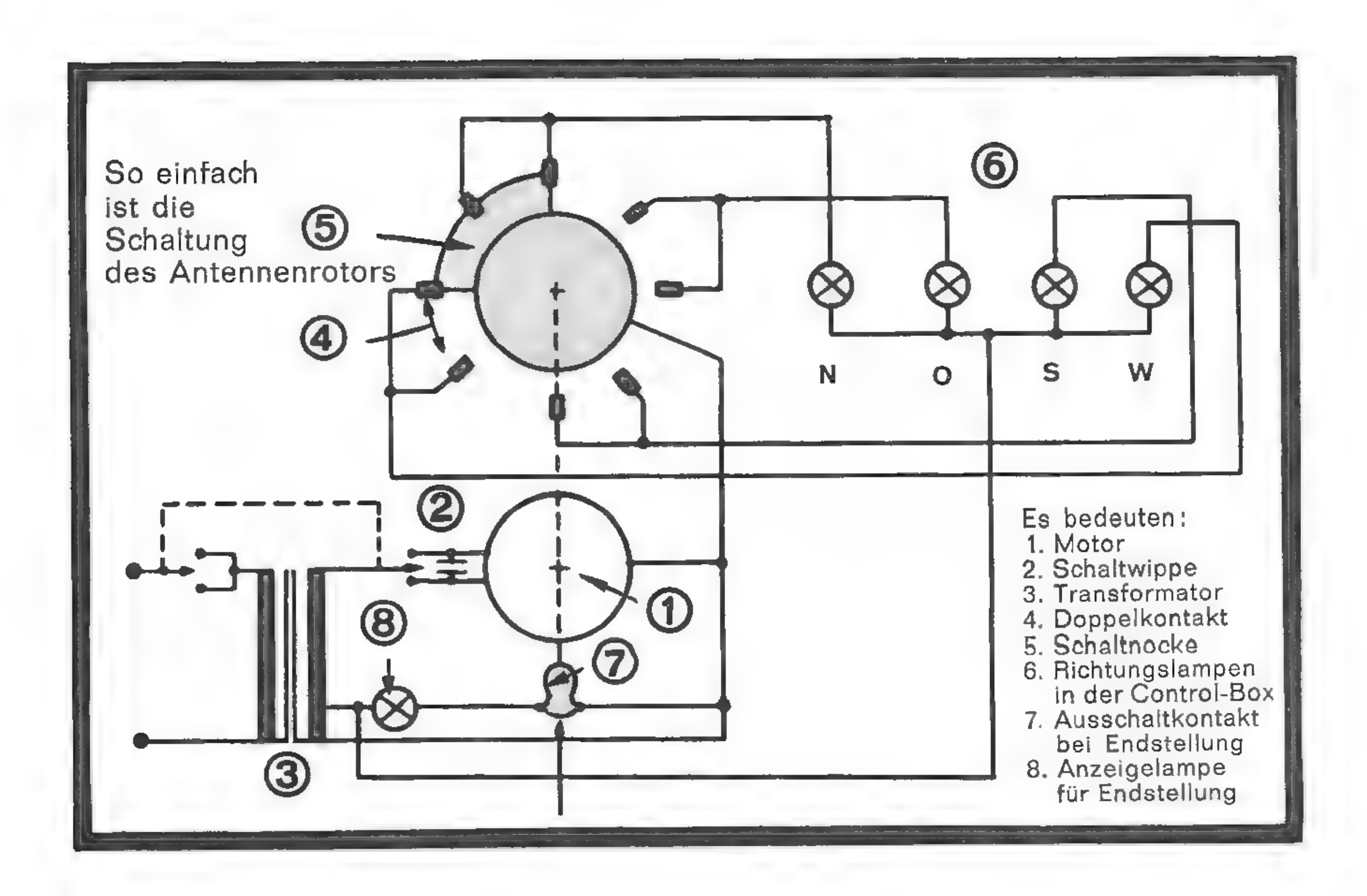
Genügt bei einem Monoempfänger meist schon eine Behelfsantenne, so erfordert der Stereoempfang eine möglichst wirksame Antenne, um eine ausreichende Spannung am Eingang des Gerätes zur Verfügung zu haben. Wenn man nicht nur auf einen sehr nahen Ortssender angewiesen sein will, ist es auch bei Außenantennen ratsam, statt des einfachen Dipols eine Antenne mit mehreren Elementen zu verwenden.

Die Empfangsleistung eines Dipols kann durch Hinzufügen weiterer Bauelemente verbessert werden. Ein Stab, in bestimmtem Abstand hinter dem Dipol montiert und etwas länger als dieser, wirkt als Reflektor. Kürzere Stäbe, in festgelegter Entfernung vor dem Dipol angebracht, heißen Direktoren. Solche Vielelemente-Antennen bringen einen in Dezibel gemessenen Antennengewinn, der ein ankommendes Signal oft erst empfangswürdig macht.

Außerdem besitzen solche Antennen eine mit der Zahl der Elemente wachsende Richtwirkung, die aus der Empfangscharakteristik an der immer schmaler werdenden Richtkeule zu erkennen ist. Zugleich erhält diese Antenne eine — ebenfalls mit der Zahl der Elemente wachsende — Rückwärtsdämpfung, so daß auch die in bezug auf die Empfangsrichtung rückwärts liegenden Sender ausgeblendet werden.

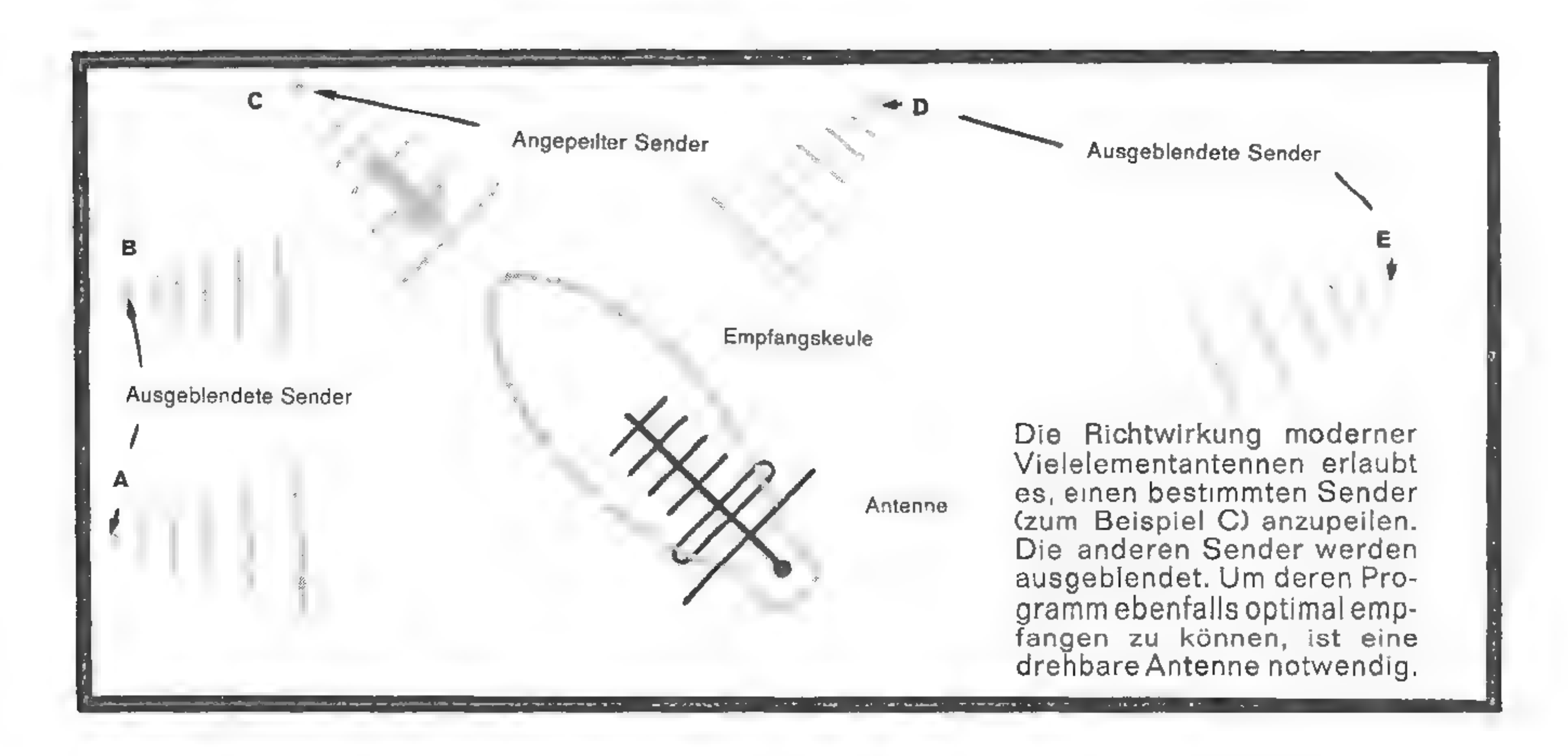
Je wirkungsvoller eine derartige Antenne ist, um so schmaler wird der Empfangsbereich, der auch als Öffnungswinkel bezeichnet wird. Für den gegen störende Sender empfindlichen Stereoempfang ist dies sehr günstig.

Während die scharfe Richtwirkung bei dem fest auf einen Sender eingestellten Fernsehempfang vorteilhaft ist, beschränkt sie allerdings die so beliebte Auswahl unter den erreichbaren UKW-Sendern. Wer mehrere Programme zu empfangen wünscht, wird also seine wirkungsvolle Richtantenne drehbar anordnen müssen. Er erhält damit nicht nur den besten Stereoempfang, sondern wird auch über die UKW-Fernempfangsleistung erfreut sein.



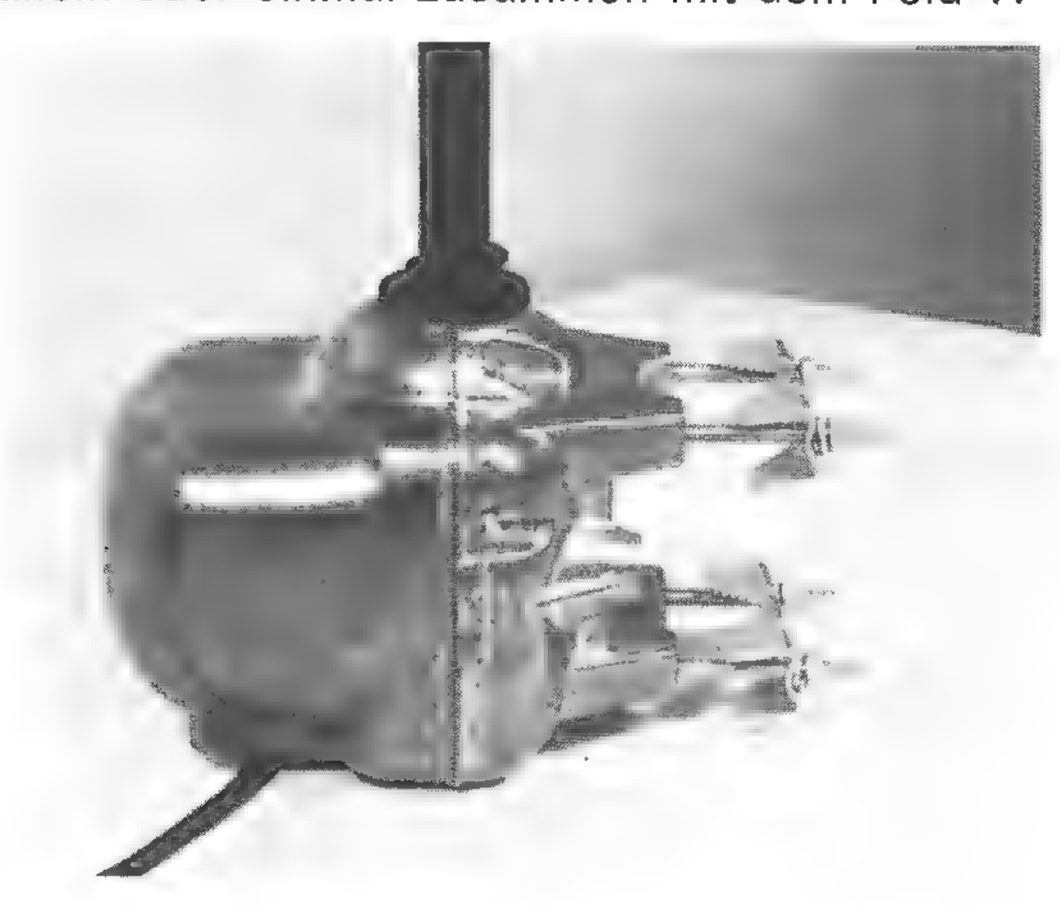
Für die drehbare Antenne gibt es Antennenrotoren: wasserdicht gekapselte Motoren mit Getriebe, die auf dem Antennenmast befestigt werden und die eigentliche Antenne auf einem drehbaren Maststummel tragen. Eine Steuerleitung versorgt den Motor nicht nur mit der für Außenanlagen sicheren Niedervoltspannung, sie stellt auch die Verbindung mit einem beim Empfänger aufgestellten Steuergerät dar.





Die Richtwirkung moderner Vielelementantennen erlaubt es, einen bestimmten Sender (zum Beispiel C) anzupeilen. Die anderen Sender werden ausgeblendet. Um deren Programm ebenfalls optimal empfangen zu können, ist eine drehbare Antenne notwendig.

Zur Stromversorgung enthält die Control-Box einen an das Lichtnetz angeschlossenen Transformator, der für den Motor eine niedrige Spannung liefert. Eine Schaltwippe betätigt nicht nur den Netzschalter, sondern wählt auch unter den beiden Kontakten für Links- und Rechtsdrehung des Motors aus. Je nach dem Stand der Antenne leuchten in der Control-Box die Anzeigenfelder Nord, Ost, Süd oder West beziehungsweise jeweils zwei Richtungsfelder bei einer Zwischenstellung auf.
Zur Übermittlung des Antennenstandes enthält der Rotor 4 Doppelkontakte, N-NW, W-SW, S-SO, O-NO, über die eine mit dem Getriebe verbundene Schaltnocke gleitet. Diese verbindet je nach ihrem Stand beispielsweise den Kontakt N-NW mit den Kontakten W oder NO, oder mit keinem von beiden. Dadurch leuchtet das Feld N allein oder einmal zusammen mit dem Feld W

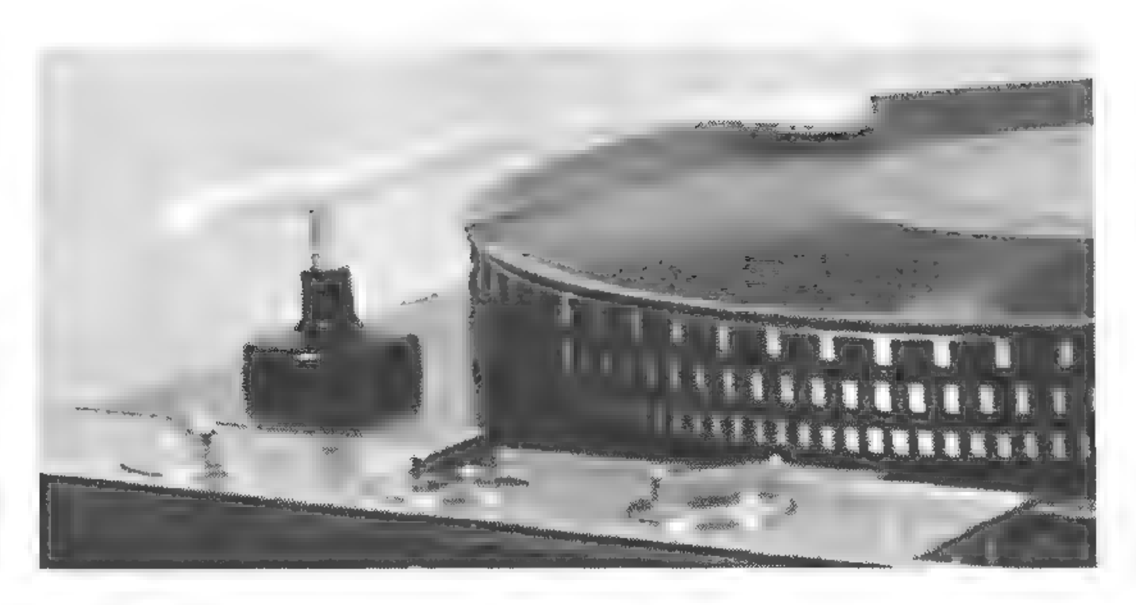


Der Antennenrotor auf dem Dach (rechts) sorgt für einen optimalen Empfang des Programms der UKW-Sender. Er läßt sich durch das Steuergerät (links) bequem dirigieren.

beziehungsweise ein andermal mit dem Feld O auf. Auf diese Weise ist der Stand der Antenne an der Control-Box eindeutig zu erkennen.
Eine volle Umdrehung der Antenne umfaßt 360 Grad. In der Endstellung N schließt eine zweite Nocke zwei Kontakte, wodurch eine rote Lampe in der Control-Box aufleuchtet. Zugleich ist das Getriebe in eine Endstellung gelangt und stellt den Antrieb ab, so daß eine mehrfache Verdrehung der Antennenableitung, die unter Umständen zum Bruch des Kabels führen könnte, nicht möglich ist.
Die Betätigung der Schaltwippe auf die andere Seite läßt dann die Antenne wieder in umgekehrter Richtung laufen. Beim Loslassen der Schaltwippe wird die gesamte Anlage stromlos, und die Antenne bleibt stehen.
Man kann die Auswahl unter den Sendern mit Hilfe einer selbst gezeichneten Karte treffen. Diese zeigt im Mittelpunkt den Standort der Antenne und von da aus die Himmelsrichtungen sowie die Richtungen zu den erreichbaren Sendern. Die genaueste Ausrichtung ermöglicht das bei guten Empfängern vorhandene Anzeigegerät für die Empfangsfeldstärke oder Abstimmung. Beim Durchdrehen der Antenne läßt es — genau wie beim Abstimmen auf den Sender — den optimalen Empfang erkennen.

Sei nett zu deinen Platten . . .

Der Inhalt eines Buches verliert nichts von seiner Bedeutung, auch wenn die Seiten abgegriffen, vergilbt oder gar eingerissen sind. Was auf einer Schallplatte niedergeschrieben ist, liegt dagegen in einer äußerst verletzlichen Oberfläche, mit seiner ganzen Substanz jedem Angriff preisgegeben. Das feine Gefüge der eingeprägten Rillen möglichst unversehrt zu erhalten, sollte deshalb die größte Sorge eines jeden Musikliebhabers sein. Das im Laufe der Jahre angesammelte Archiv enthält meist Unersetzliches und stellt einen mit jedem Stück wachsenden Wert dar, der den Wert der Wiedergabeanlage bald übertrifft.
Sind unsere modernen Langspielplatten auch nahezu unzerbrechlich, ihre Oberfläche ist weitaus empfindlicher als die der früheren Schellackplatten. Schon die ungeschickte Berührung mit einem Fingernagel kann die weiche Kunststoffmasse verletzen. Jede Spur einer falschen Behandlung übertrifft



Die Stroboskopteilung am Rand des Plattentellers dient zur Einstellung der richtigen Geschwindigkeit. Der Plattenkehrer (links auf dem Chassis) säubert die Platte während des Abspielens.

in ihren Ausmaßen bei weitem die Dimensionen der Rillen, von denen bis zu acht auf der Breite eines Millimeters eingeschnitten sind.
Der schlimmste Feind der Schallplatte ist der oft kaum sichtbare Staub. Unter dem Mikroskop betrachtet, lassen sich darin feinste Materialsplitter erkennen, die besonders in den Städten in die Luft gewirbelt werden. Sie dringen durch alle Fugen hindurch und wirken in den Rillen der Schallplatte beim Abspielen wie ein Schleifmittel von ungeahnter Härte. Sorgfältige Aufbewahrung der Platten ist also Vorbedingung für ihre Lebensdauer. Man sollte nie vergessen, sie erst in ihren weichen Plastikbeutel einzupacken, ehe man sie in die Papphülle einschiebt. Mancher Kratzer ist aber auch schon dadurch entstanden, daß der Beutel selbst nicht frei von Verunreinigungen war.
Schon beim Herausziehen aus der Hülle lädt sich die Schallplatte elektrisch auf. In diesem Zustand zieht sie den Staub wie ein Magnet an. In der Rille selbst befinden sich auch noch der Abrieb vom Plattenmaterial und der Abspielnadel in feinster Verteilung. Die Schleifwirkung wird dadurch noch wesentlich erhöht.
Schallplatten dürfen nie offen herumliegen oder gar aufeinandergestapelt werden: Verstaubung und Kratzspuren sind die unvermeidlichen Folgen. Auch bei staubdichter Verwahrung in ihrer Hülle ist der Schutz von fragwürdiger Natur. Staubspuren sind deshalb grundsätzlich vor dem Abspielen der Platte zu beseitigen; am besten mit einem weichen Pinsel, mit dem man durch die Rillen fährt. Keineswegs verwende man ein Tuch, das selbst Staub enthalten und beim Anpressen die zarte Oberfläche verletzen kann.
Um beim Abspielen selbst den Staub noch zusätzlich zu entfernen, gibt es richtige Plattenkehrer, auf die man eigentlich nicht verzichten sollte. Sie sind wie kleine Tonarme gebaut, enthalten Plüschwalzen, Filzplättchen oder Pinsel und werden von den Rillen so über die Platte geführt, daß sie jeweils die Bahn vor dem Tonabnehmersystem säubern. Selbstverständlich sind die Kehrer immer sorgfältig rein zu halten. Sie können auch mit Mitteln präpariert werden, die die elektrostatischen Aufladungen der Platten verringern. Antistatische Sprühmittel haben sich allerdings kaum bewährt. Sie hinterlassen





Mit der Tonarmwaage (links) überprüft man den Auflagedruck des Tonarms. Die Dosenlibelle (rechts) dient zur waagerechten Justierung des Plattentellers.

auf der Platte oft Trockenspuren, die wiederum zu unsauberem Abspielen führen, also das Gegenteil dessen bewirken, was man erreichen wollte.
Stark verschmutzte Platten lassen sich aber waschen. Dazu verwendet man milde Waschmittel. Sorgfältige Behandlung und wirksames Abspülen, möglichst unter Verwendung von Entspannungsmitteln, sind selbstverständlich.
Nicht vollkommen ebene Schallplatten beeinträchtigen die Wiedergabe. Einwirkungen von Wärme oder direkte Sonnenbestrahlung verursachen immer ein Verziehen der Platten, das nicht mehr rückgängig gemacht werden kann.
Auch die Art des Aufbewahrens der Schallplatten bleibt nicht ohne Einfluß auf die Wiedergabequalität. Will man sie senkrecht aufstellen, sollte die Packung so dicht sein, daß sich keine Platte durchbiegen kann. Hohe waagrechte Stapel sind ebenfalls zu vermeiden. Am besten bewahrt man die Platten in niedrigen waagrechten Stapeln auf, wozu allerdings Regale mit zahlreichen Fächern nötig sind, die sich einzeln herausziehen lassen.
Zum Schallplattenzubehör gehören außer dem Plattenkehrer noch einige andere praktische Dinge. Genau wie die Rillen sollte man auch die Abspielnadel regelmäßig reinigen. Ein Sammelsurium von Staubteilchen setzt sich daran als Abspielwolle fest, die schließlich das Herausrutschen der Spitze aus der Rille verursacht. Zur Entfernung der Abspielwolle gibt es Pinsel und Bürsten. Sie dürfen aber nicht zu hart sein. Überhaupt ist dieses Reinigen mit Vorsicht auszuführen, damit die Nadelhalterung nicht verbogen wird.

TELE FUN KEN

Unser neues Stereo-Gerät ›magnetophon 204‹ ist volltransistorisiert, spielt auch senkrecht, macht Playback-Aufnahmen und ist trotz dieser technischen Vorzüge sehr preiswert.

Vierspur, Mono/Stereo-Aufnahme, Mono/Stereo-Wiedergabe, max. Spulendurchmesser 18 cm, max. Spieldauer je Band 12 Std. bei Dreifachspielband und Mono, Bandgeschwindigkeiten: 9,5 cm/s, 19 cm/s, auch für Senkrechtbetrieb geeignet, Bandlängenzählwerk mit Nullstellung durch Tastendruck, alle Anschlußbuchsen auf der Frontseite.

Frequenzbereiche: 40–15000 Hz bei 9,5 cm/s, 40–18000 Hz bei 19 cm/s. Geräuschspannungsabstand: 50 dB. Tonhöhenschwankungen: $\leqq \pm$ 0,3 % bei 9,5 cm/s, $\leqq \pm$ 0,2 % bei 19 cm/s.

Sechsfach-Funktionswahlschalter für alle Betriebsarten, 2 Aussteuerungsregler, 2 beleuchtete Aussteuerungsinstrumente, 2 Lautstärkeregler, 2 Tonblenden, 2 Gegentaktendstufen je 6 Watt, volltransistorisiert, 2 eingebaute Lautsprecher.

Eingänge: Mikrofon, Radio, Phono. Ausgänge: Radio, Kopfhörer, Lautsprecher. Endabschaltung durch Schaltfolie. Netzspannung: 110/127/220/240 Volt, 50 Hz, auf 60 Hz umschaltbar. Maße: Breite 47 cm, Höhe 35,5 cm, Tiefe 22,5 cm. Gewicht: ca. 14,5 kg.

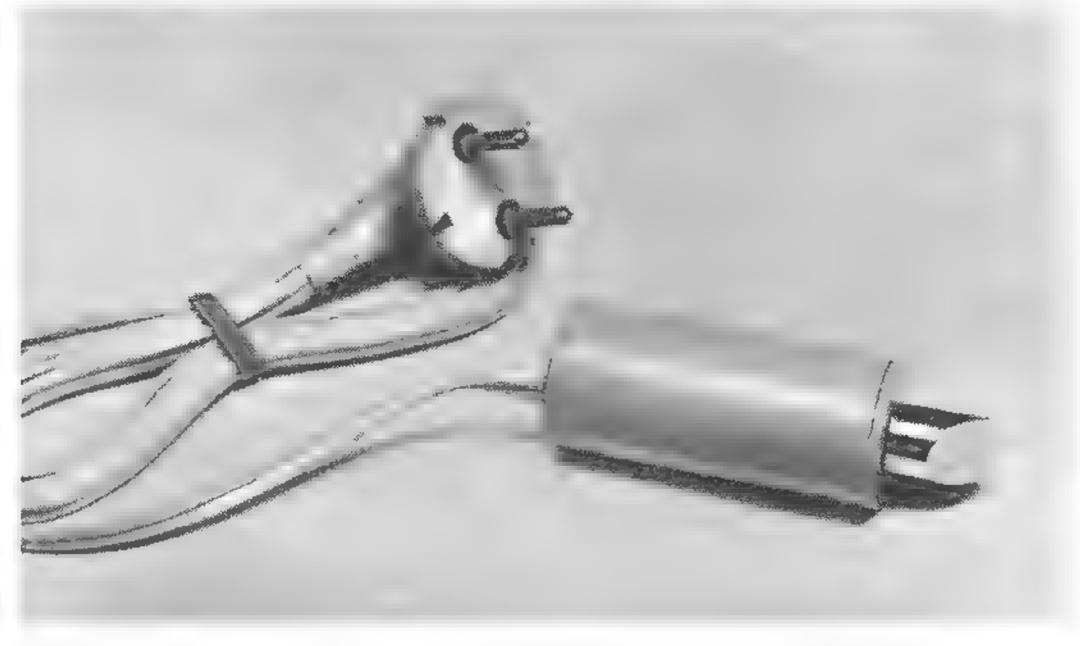
Alles spricht für TELEFUNKEN

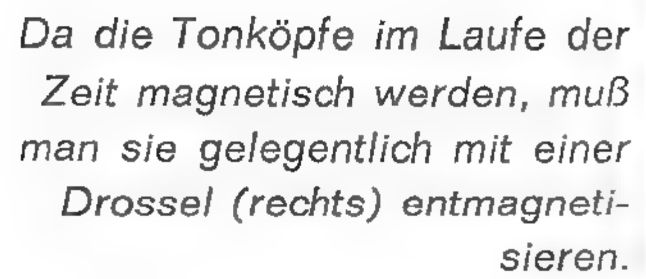
TELEFUNKEN



. . . und pflege auch den Tonbandkoffer

Tonbänder sind in zweierlei Hinsicht empfindlich: rein mechanisch und magnetisch. Wie die Schallplatten sind sie staubfrei zu lagern — am besten in gut schließenden Kassetten — und vor Wärmeeinwirkung zu schützen. In übermäßig geheizten Räumen verlieren sie nicht nur ihre Geschmeidigkeit, sondern auch einen Teil ihrer magnetischen Aufzeichnung.
Die Aufzeichnung wird sehr leicht von elektrischen und magnetischen Feldern beeinträchtigt oder gar ganz zerstört. Solche Felder fördern auch, ebenso wie Wärme, den sehr unangenehmen Kopiereffekt, bei dem sich — besonders auf dünnen Bändern — die Magnetisierung im Bandwickel durchkopiert und als Vor- und Nachecho beim Abspielen hörbar wird. Deshalb sind Tonbänder nicht in der Nähe von arbeitenden elektrischen Geräten, Motoren, Transformatoren, Netzteilen von Rundfunkempfängern oder Verstärkern und auch nicht neben Eisen und Stahl, die immer etwas magnetisch sind, zu lagern. Man sollte sie auch nur mit einer Spezialschere schneiden, die nicht magnetisch werden kann.
Für das Kleben von Bändern ist dem Amateur die Verwendung von Klebebändern zu empfehlen, die von selbst haften. Stoßstellen dürfen sich nicht überlappen und sind schräg zu schneiden, damit die Klebestelle beim Abspielen nicht zu hören ist.
Verschmutzte Bandstellen zu reinigen, lohnt sich nur, wenn es durch mechanisches Abreiben möglich ist. Auf jeden Fall vermeide man kunststofflösende Mittel (Verdünner). Schmutzige und zerknitterte Bandteile werden am besten herausgeschnitten. Bei solcher Behandlung dürfen die Bänder auch nicht zu





Da die Tonköpfe im Laufe der Zeit magnetisch werden, muß man sie gelegentlich mit einer Drossel (rechts) entmagnetisieren.

stark gezogen werden, da sonst die Dehnungsstellen die Spuren verderben. Im Tonbandgerät sammelt sich an den Umlenkbolzen und Tonköpfen viel Schmutz aus Staub und Bandabrieb an. Dieser Schmutz muß regelmäßig durch Ausblasen oder mit einem Pinsel entfernt werden. Die Spiegelfläche der Tonköpfe selbst bedeckt sich leicht mit einer Staubkruste, die ebenfalls von Zeit zu Zeit entfernt werden muß. Dazu benutze man einen mit Leinen oder Watte umwickelten Holzstab und reinen Spiritus. Niemals dürfen die Köpfe mit Metall oder gar Eisen berührt werden.

Alle Tonköpfe werden im Laufe der Zeit magnetisch. Das führt zu schlechten Aufnahmen und Rauschen beim Abspielen. Deshalb sind die Tonköpfe gelegentlich zu entmagnetisieren. Dazu gibt es besondere Entmagnetisierungsdrosseln. Das sind vom Netzwechselstrom durchflossene Spulen mit einem Weicheisenkern, der eine günstig geformte Spitze besitzt. Mit dieser wird die Spaltfläche des Tonkopfes berührt. Dabei sollte zur Vermeidung mechanischer Beschädigung die Drosselspitze mit einem Stück Tesafilm bedeckt sein. Dann wird die Drossel langsam vom Tonkopf weggezogen und erst in ziemlicher Entfernung vom Tonbandgerät ausgeschaltet.

Lexikon der HiFi- und Stereotechnik

Abstrahlcharakteristik. Lautsprecher strahlen den Schall am stärksten in einer Richtung senkrecht zur Membranoberfläche ab. Je höher die Töne sind, um so ausgeprägter wird diese Bevorzugung. Der Verlauf der Abstrahlung über eine Ebene, die den Abstrahlkegel schneidet, wird als Abstrahlcharakteristik bezeichnet. Man mißt dabei die Intensität der Abstrahlung bei verschiedenen Frequenzen und erhält für jede Frequenz eine eigene Kurve. Beim Zusammenbau von Einzellautsprechern in einer Lautsprecherbox, wie sie vor allem für die High-Fidelity- und Stereowiedergabe verwendet wird, sucht man eine breite Abstrahlcharakteristik zu erreichen.

Akustische Rückkopplung. Gelangt der Schall eines Lautsprechers, der an einen Verstärker angeschlossen ist, zu einem im gleichen Raum befindlichen und mit demselben Verstärker verbundenen Mikrofon zurück, wird er durch immer wiederholte Verstärkung bis zu einem Heulen 'aufgeschaukelt'. Eine solche akustische Rückkopplung kann auch über den Plattenspieler zustande kommen, da dieser gegen die Erschütterungen des Schalls empfindlich ist. Deshalb sollen Lautsprecher und Plattenspieler nicht in demselben Gehäuse eingebaut sein. Aufnahmen vom Mikrofon auf Tonband werden zur Vermeidung der Rückkopplung über Kopfhörer kontrolliert.

AM-Unterdrückung. Bei UKW-Empfängern werden Amplitudenmodulationen mit Hilfe einer Begrenzerschaltung unterdrückt. Da die meisten Störungen des Rundfunks amplitudenmoduliert sind, wird damit ein weitgehend störfreier Empfang erreicht.

Anpassung. Jeder Anschluß eines Gerätes an ein anderes stellt eine Energieübertragung dar. Diese arbeitet am vorteilhaftesten beziehungsweise mit höchstem Wirkungsgrad, wenn der innere Widerstand der Energiequelle dem des angetriebenen Systems gleicht. Deshalb sollen die Ohmschen Anschlußwerte von Lautsprechern denen der Verstärkerausgänge entsprechen. Das gleiche gilt von Mikrofonen, die an Tonbandgeräte, oder von Tonabnehmern, die an Verstärker angeschlossen werden. Fehlanpassungen von Lautsprechern – wie der Anschluß von 15-Ohm-Systemen an 8-Ohm-Ausgänge – verursachen vor allem einen schlechteren Wirkungsgrad. Bei Transistorverstärkern dürfen die zulässigen Anpassungswiderstände nicht unterschritten werden (keine Parallelschaltung zu vieler Lautsprecher), man gefährdet sonst die Transistorendstufen durch Überlastung.

Ausgangsleistung. Darunter versteht man die Leistung, die ein Verstärker an die Lautsprecher abzugeben imstande ist. Dabei beschränkt der gleichzeitig wachsende Klirrgrad die Brauchbarkeit der abgegebenen Leistung. Bei den Gerätedaten werden die Sinus-Dauerton- und die Musikleistung angegeben. Letztere ist nur für kurzzeitige Leistungsspitzen vorhanden.

Automatische Scharfabstimmung nennt man eine meist abschaltbare Vorrichtung zur selbsttätigen Scharfabstimmung eines Rundfunkempfängers. Sie kann im UKW-Bereich (FM) mit einer Diode erfolgen, die ihre Kapazität mit der angelegten Spannung ändert. Mit der Saba-Motorelektronik ist die automatische Scharfabstimmung in allen Wellenbereichen möglich.

Balanceregler ist ein Regler zur Veränderung der Wiedergabesymmetrie einer Stereoanlage. Damit kann das Lautstärkeverhältnis der beiden Kanäle den akustischen Besonderheiten des Raumes angepaßt werden. Bei der Verwendung einer Fernsteuerung läßt sich die Balance vom Sitzplatz der Zuhörer aus einstellen.

Bandbreite ist die Breite des durchgelassenen Frequenzbereiches bei einem Rundfunkempfänger. Die bei Fernempfang notwendige Trennschärfe wird durch Verminderung der Bandbreite erreicht. Bei Stereoempfängern darf die Bandbreite 200 Kilohertz nicht unterschreiten, wenn die Kanaltrennung und der Klirrgrad nicht verschlechtert werden sollen.

Bandpaß ist eine Siebschaltung aus Drosseln und Kondensatoren, um bestimmte Frequenzbereiche abzusperren oder zu dämpfen. Je nachdem, ob die tiefen oder die hohen Frequenzen betroffen werden, ist es ein Tief- oder Hochpaß. Ein Bandpaß läßt somit nur einen ausgewählten Frequenzbereich durch.

Bandrauschen nennt man ein vom Tonband stammendes und von der Inhomogenität der Magnetschicht verursachtes Rauschen.

Basisbreitenregelung - auch Contourregelung genannt - dient zur regelbaren Vermischung der beiden Stereokanäle. Die damit erzielte Variation des Stereoeffektes bewirkt eine scheinbare Veränderung der Stereobasis, der Entfernung der beiden Lautsprecherboxen voneinander.

Begrenzung. Darunter versteht man eine Schaltung im Demodulator eines UKW-Empfängers, die Amplitudenspitzen des frequenzmodulierten Signals abschneidet. Da die meisten Rundfunkstörungen amplitudenmoduliert sind, wird der Empfang dadurch weitgehend störungsfrei.
Die Begrenzung sorgt auch dafür, daß die Sender gleichlaut empfangen werden. Der Konstrukteur hat es in der Hand, den Einsatzpunkt der Begrenzung zu wählen und diese von einer bestimmten Antennenspannung an wirksam werden zu lassen.

Compliance ist ein Maß für die Nachgiebigkeit der Lagerung der Abtastnadel im Tonabnehmersystem. Sie wird durch den Weg bestimmt, den die Nadel bei Einwirkung der physikalischen Krafteinheit (1 dyn) zurücklegt. Moderne Tonabnehmersysteme zeigen eine Compliance von $20 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn.

Dämpfung nennt man den Grad der Unterdrückung bestimmter Spannungen oder Frequenzen. Als Maß wird das Dezibel verwendet.

Dauertonleistung. Sie wird als Leistung eines Verstärkers bei der Wiedergabe eines Sinustones von 1000 Hertz während eines Zeitraumes von mindestens 10 Minuten gemessen. Ein Sinuston ist eine Schwingung mit einer einzigen Frequenz ohne Obertöne. Man spricht auch von einer Sinus-Dauertonleistung.

Dezibel (dB). Durch diese Größe wird das gegenseitige Verhältnis von Spannungen, Strömen oder Lei-

stungen bezeichnet, wobei deren absolute Größe gleichgültig ist.

dB	Spannungsverhältnis	Leistungsverhältnis
0	1 : 1	1 : 1
3	1 : 1,4	1 : 2
6	1 : 2	1 : 4
10	1 : 3,16	1 : 10
20	1 : 10	1 : 100
30	1 : 31,6	1 : 1000
40	1 : 100	1 : 10000

Demodulation nennt man die Rückgewinnung der durch die Modulation der Sendefrequenz aufgedrückten Tonfrequenz.

Diskriminator ist ein Demodulator für frequenzmodulierte Sendungen. In der Diskriminator-Kennlinie soll die Kurve zwischen den beiden Umkehrpunkten zur Erzielung eines geringen Klirrgrades geradlinig verlaufen.

Drop-outs bei Tonbändern sind durch schlechte Beschichtung oder Schmutz verursachte Ausfälle bei der Wiedergabe. Sie machen sich bei der kaum einen Millimeter breiten Viertelspur leicht bemerkbar.

Duoplay nennt man die gleichzeitige Wiedergabe von zwei Spuren einer Tonbandaufzeichnung, von denen beispielsweise die eine die erste und die andere die zweite Stimme eines Duetts enthalten kann.

Dynamik ist der Amplitudenunterschied einer Folge von Schwingungen. In der Akustik bezeichnet die Dynamik den Unterschied zwischen den lautesten und den leisesten Partien eines Musikstückes.

Einschwingvorgang. Infolge seiner Trägheit oder Dämpfung setzt jedes System – etwa eine Lautsprechermembran – einer ihm aufgezwungenen Bewegung einen Widerstand entgegen. Deshalb folgte es einer Schwingung mit einer bestimmten Verzögerung bis zur Erreichung der verlangten Amplitude. Diese Tatsache führt bei plötzlichen Amplitudenänderungen zu Ungenauigkeiten in der Wiedergabe. Der Vorgang wird als Einschwingen bezeichnet. In ähnlicher Weise wird auch ein Ausschwingvorgang beobachtet.

Elektrostatische Aufladung. Das Kunststoffmaterial der Schallplatte wird besonders bei trockener Luft durch Reibung elektrisch. Diese statische Aufladung kann sehr hohe Spannungen erreichen und verursacht beim Abspielen durch Funkenüberschläge zum Abtastsystem störende Knack- und Knistererscheinungen. Bis jetzt hat man noch kein einwandfreies Mittel gefunden, eine derartige Aufladung zu verhindern. Antistatische Mittel zur Behandlung der Schallplatte haben nur beschränkte, manchmal sogar schädliche Wirkung.

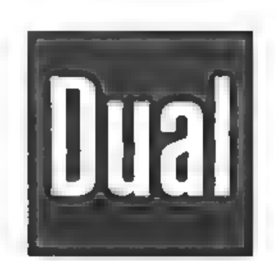
Empfindlichkeit nennt man die Antennenspannung, die bei Rundfunkempfängern vorhanden sein muß, um einen rauscharmen Empfang zu erreichen. Sie beträgt für einen Rauschabstand von 26 dB etwa 1 bis 2 μV.
Bei Verstärkern ist unter Empfindlichkeit die zur Vollaussteuerung notwendige Eingangsspannung zu verstehen.

Fangbereich. Bei der automatischen Scharfabstimmung von Rundfunkgeräten besteht eine gewisse Wirkungsbreite, innerhalb der der empfangene Sender auf genaue Abstimmung 'gezogen' wird. Je nach dem Frequenzabstand und der Feldstärke des benachbarten Senders zieht dieser die Abstimmung zu sich hinüber. Die Frequenzbreite, innerhalb der ein Sender die Scharfabstimmung für sich entscheidet, wird als Fangbereich bezeichnet.

Filter nennt man eine Schal-

Bausteine, die es in sich haben: Hi-Fi-Stereo-Componenten von Dual

Was gehört zu einer vollendeten Hi-Fi-Stereo-Anlage? Vor allem ein Verstärker, der höchsten Ansprüchen genügt und alle Forderungen nach DIN 45500 mühelos erfüllt. Die Leistungen des Dual CV 4 sprechen für sich. Er hat eine Ausgangsleistung von 2 x 20 Watt Musik und 2 x 16 Watt Dauerton. Das Gerät mit seinen umfassenden Regeleinrichtungen ist modern und klar gestaltet.
Was gehört weiterhin zu einer kompletten Hi-Fi-Stereo-Anlage? Ein überragender Hi-Fi-Plattenspieler wie der Dual 1019, das neue Stereo-Tonbandgerät CTG 27 und die leistungsfähigen Dual-Hi-Fi-Lautsprecher. Wir sind sicher: diese hochwertigen, außergewöhnlich preisgünstigen Componenten werden alle Wünsche nach vollendeter Hi-Fi-Stereo-Wiedergabe erfüllen. Informieren Sie sich bei Ihrem Fachhändler oder bei Dual Gebrüder Steidinger, 7742 St. Georgen im Schwarzwald, Abt. SC.



Zum guten Ton gehört Dual

tung aus Kondensatoren und Widerständen, die bestimmte Frequenzen sperrt oder durchläßt. Damit kann man Brummen oder Rauschen unterdrücken. HiFi-Verstärker besitzen zur Beschneidung der Frequenzen Rumpel- und Rauschfilter, die im Bereich von 50 bis 100 beziehungsweise 5000 bis 10 000 Hertz abschneiden.

Fletcher- und Munson-Kurven. Im Bereich der maximal von 16 bis 20 000 Hertz reichenden Töne ist das menschliche Ohr nicht gleichmäßig empfindlich. Um die gleiche Lautstärkeempfindung auszulösen, sind für die verschiedenen Frequenzen unterschiedliche Schalldrucke notwendig. Dabei ist das Maß der Unterschiede noch von der Lautstärke abhängig. In einem Diagramm ergibt sich also für jede Lautstärke eine andere Frequenzempfindlichkeitskurve. Dieser Zusammenhang wurde von Fletcher und Munson untersucht und dargestellt. Im physiologischen Lautstärkeregler wird dieser Eigenart des Ohres durch Anheben der Bässe und Höhen bei leiser Wiedergabe Rechnung getragen.
Die gleiche Wirkung wird mit Hilfe des Intimschalters beim High-Fidelity-Verstärker erzielt.

Flutter sind kurzzeitige Schwankungen im Gleichlauf eines Plattenspielers, die zu Störschwingungen im Bereich der höheren Frequenzen Anlaß geben.

Fremdspannungsabstand nennt man das Verhältnis der Nutzspannung – beispielsweise eines Verstärkers – zu Störspannungen (wie Brummen und Rauschen). Er wird in Dezibel angegeben und soll möglichst groß sein.

Frequenzdrift. Veränderungen der Netzspannung und Erwärmung der Bauteile verursachen in Empfängern Schwankungen der Abstimmung, die als Frequenzdrift bezeichnet werden.
Die Frequenzdrift soll möglichst klein bleiben. Eine automatische Abstimmung gleicht sie selbsttätig aus.

Frequenzgang. Bei einem Tonabnehmersystem, Verstärker oder Tonbandgerät soll der insgesamt abgegebene oder durchgelassene Frequenzbereich möglichst den gleichen Pegel haben. Die Abweichung davon wird als Frequenzgang bezeichnet und in dB angegeben. Als Kurve dargestellt, werden die Geradlinigkeit des Frequenzganges beziehungsweise die Abweichungen davon am deutlichsten ersichtlich. Bei zusammengesetzten Bauteilen wird der Frequenzverlauf vom Eingang bis zum Ausgang als Über-alles-Frequenzgang bezeichnet.

Frequenzweiche. In der Elektroakustik versteht man darunter eine Schaltung aus Sperren (Induktivitäten) und Durchlässen (Kapazitäten) für Tonfrequenzen, die bestimmten Frequenzbereichen bestimmte Wege vorschreiben. Damit wird der gesamte Frequenzbereich für Lautsprecher aufgeteilt. Die Frequenzen werden dann als Baß-, Mittel- oder Hochton den speziell für ihre Wiedergabe konstruierten Lautsprechern zugeführt. Je nach Schaltung der Frequenzweiche wird bei den Übergangsfrequenzen mehr oder weniger steil abgeschnitten. Die Steilheit wird in dB/Oktave gemessen.
Im Hochfrequenzbereich werden Frequenzweichen auch für Antennen gebraucht.

Gegentaktendstufe. Bei Röhrenverstärkern werden zwei gleiche Endröhren so geschaltet, daß ihre Gitter entgegengesetzte Halbwellen der Tonfrequenzen erhalten, die nach der Verstärkung wieder zu einer vollständigen Kurve zusam-

mengesetzt werden. Dadurch lassen sich Verzerrungen wieder ausgleichen. Gegentaktendstufen können auch mit Transistoren aufgebaut werden.

Gleichlaufschwankungen oder Gleichlauffehler. So bezeichnet man Schwankungen der Drehzahl von Plattentellern beziehungsweise der Geschwindigkeit des Tonbandes. Sie machen sich als Tonhöhenschwankungen oder Jaulen unangenehm bemerkbar und sind bei Orgeltönen oder Klaviermusik (Klavierfestigkeit) besonders auffällig. Nach DIN 45500 dürfen diese Schwankungen höchstens ± 0,2 Prozent betragen.
Eine genauere Unterscheidung nennt Gleichlaufschwankungen im Bereich der tieferen Frequenzen *wow* und der höheren Frequenzen *flutter*.

Hinterbandkontrolle. Tonbandgeräte mit getrennten Köpfen für Aufnahme und Wiedergabe (Dreikopfausstattung) ermöglichen das Abhören des gerade auf das Band aufgezeichneten Programms über den Wiedergabekopf. Damit besteht eine exakte Vergleichsmöglichkeit zwischen Original und Aufzeichnung.

Impedanz. Während ein Lei-

ter gegenüber Gleichstrom nur einen Ohmschen Widerstand besitzt, tritt gegenüber Wechselstrom noch ein weiterer Widerstand hinzu, der sich mit der Frequenz des Wechselstromes vergrößert und von den Induktivitäten (Spulen) und Kapazitäten (Kondensatoren) im Leiterkreis abhängig ist. Der daraus resultierende Gesamtwiderstand – beispielsweise eines Lautsprechers – wird als Impedanz bezeichnet.

Intermodulationsverzerrungen sind Teil der allgemeinen nichtlinearen Verzerrungen. Sie entstehen als Kombinationstöne durch Summen- und Differenzbildung (Interferenz) zweier verschiedener Frequenzen. Da sie im Original nicht vorhanden sind, werden sie als Unharmonische störend empfunden. Bei hochwertigen Anlagen ist ein Anteil von 0,8 Prozent bereits hörbar.

Klemmeffekt nennt man das zwangsläufige Hochwandern der Abtastspitze in der Schallplattenrille. Es entsteht dadurch, daß die Rillen in ihrer Breite schwanken, weil der genau radial fest eingestellte Schneidstichel zur Herstellung der Rillen auf der ersten Lackfolie bei Rillenauslenkungen nicht mehr senkrecht, sondern schräg zur Längsachse der Rillen steht. Durch das Hochwandern der Abtastspitze werden störende senkrechte Modulationen und Reibungsschwingungen erzeugt.

Klirrgrad. Dieser Begriff, oftmals auch Klirrfaktor genannt, bezeichnet den Prozentsatz an nichtlinearen Verzerrrungen in Empfängern oder Verstärkern. Es handelt sich dabei um Frequenzen, die im Original nicht enthalten sind und das Klangbild stören.
Auch mechanische Schwingungen bei Tonabnehmersystemen oder Lautsprechermembranen, die zusätzlich zu den erwünschten Schwingungen der Musikwiedergabe entstehen, werden als Klirrverzerrungen empfunden.
Nach DIN 45500 darf der Klirrgrad bei HiFi-Verstärkern 1 Prozent nicht übersteigen.

Kompatibel bedeutet die Verträglichkeit zweier Systeme oder Verfahren. Kompatibel ist eine Stereoaufzeichnung nach dem Intensitätsverfahren, weil durch die Summenbildung der beiden Kanäle eine vollwertige Monowiedergabe möglich ist. Ebenso ist das Stereosignal der Rundfunk-Stereofonie kompatibel, weil es einen vollwertigen Mono- und Stereoempfang gestattet. Auch die Farbfernsehsysteme sind für Schwarzweiß-Empfänger kompatibel.

Kopiereffekt nennt man die Übertragung der Magnetisierung eines Tonbandes auf die benachbarten Windungen in der Spule. Der Kopiereffekt wird durch warme Lagerung der Bänder oder durch den Einfluß magnetischer Wechselfelder verstärkt.

Kreise sind Schaltungen aus Spulen und Kondensatoren. Sie werden auch als Schwingkreise bezeichnet und befinden sich im Hochfrequenzteil der Rundfunkempfänger. Als Vorkreise bestimmen sie die Spiegelselektion und als Zwischenfrequenz-Kreise (Zf-Kreise) die Trennschärfe. Die Zahl der Kreise ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal der Rundfunkempfänger.

Lautsprecherdämpfung. Innenwiderstand im Ausgang eines Verstärkers und Impedanz des angeschlossenen Lautsprechers bestimmen die Dämpfung, die der Lautsprecher während des Betriebs erfährt. Bei hoher Dämpfung (kleiner Verstärker-Innenwiderstand) wird das Ein- und Ausschwingen des Lautsprechers günstig beeinflußt.

Leistungsbandbreite ist der Frequenzbereich eines Verstärkers, an dessen Enden die Ausgangsleistung bei einem Klirrgrad von 1 Prozent auf die Hälfte (–3 dB) der Nennleistung zurückgegangen ist.

Löschdämpfung. Darunter versteht man die Verminderung des auf einem Tonband aufgezeichneten Signals durch den Vorgang der Löschung. Der Wert der Löschdämpfung soll möglichst hoch sein.

Multiplay ist ein Verfahren zur Tonbandaufzeichnung mehrstimmiger Darbietungen, bei dem jeweils eine Stimme, gemischt mit der vorhergehenden Aufzeichnung, auf eine neue Spur übertragen wird. Die verschiedenen Stimmen können dabei von demselben Sänger oder Spieler stammen. Das taktgerechte Zusammenspiel wird durch Abhören der vorherigen Aufzeichnungen mit dem Kopfhörer ermöglicht. Die Anzahl solcher Überspielungen ist begrenzt, weil sich dabei die Verzerrungen der Aufzeichnungen addieren.

Musikleistung (music power) nennt man die für kurze Lautstärkespitzen verfügbare höchste Leistung des Verstärkers bei verminder-

ten Ansprüchen an die Verzerrungsfreiheit.

Normstecker ist ein genormter Stecker für den Anschluß von Phonogeräten. Er ist eine fünfpolige Steckverbindung, bei der die Anschlüsse (Stifte) mit Zahlen gekennzeichnet sind. Zur Aufnahme liegt dabei der linke Kanal an ① und der rechte an ④, während zur Wiedergabe der linke Kanal an ⑤ und der rechte an ③ liegt.

Nullpunktanzeige ist eine besonders genaue Kontrolle der Abstimmung auf den Sender bei FM-Empfängern (UKW- und Stereoempfang). Sie erfolgt mit einem Meßinstrument, dessen Zeiger auf den in der Mitte der Skala liegenden Nullpunkt eingestellt werden muß.

Ohrkurvenfilter nennt man ein für die Messung des Geräuschspannungsabstandes bestimmtes Filter, das Frequenzen genau entsprechend der frequenzabhängigen Empfindlichkeit des menschlichen Ohres durchläßt.

Pegel bedeutet in der Akustik die Größe einer Lautstärke.
Als Störpegel bezeichnet man das Lautstärkeniveau einer Störung. Der Abstand des gewünschten Nutzpegels vom Störpegel wird als Störpegelabstand in dB angegeben. Er wird auch als Fremdspannungsabstand bezeichnet.

Pegelregler. Jeder Lautstärkeregler ist ein Pegelregler. Von besonderer Bedeutung sind die Eingangspegelregler. Sie bestimmen die Stärke des zur Aufzeichnung oder Wiedergabe bestimmten Signals. Bei Verstärkern ermöglichen es solche Regler, alle Programmquellen so einzupegeln, daß ihre Wiedergabe beim Umschalten des Verstärkers auf seine verschiedenen Eingänge mit gleicher Lautstärke erfolgt.

Phasenschalter. Im HiFi-Verstärker kann der Anschluß eines Lautsprechers mit einem Phasenschalter umgepolt werden. Die gleichartige Polung der Lautsprecher ist bei der Stereofonie wichtig für die Baßwiedergabe. Die richtige Polung kann durch Umschalten leicht kontrolliert werden. Man schaltet auf die bessere Hörbarkeit der Bässe.

Phono-Entzerrung. Beim Schneiden der Schallplatte werden die Frequenzen nicht direkt aufgezeichnet, sondern aus technischen Gründen mit einer Vorverzerrung, die durch die genormte Schneidkennlinie gegeben ist. Beim Abspielen muß deshalb wieder entzerrt werden, was durch Anheben der Bässe und Senken der Höhen um einen genauen Betrag geschieht. Diese Entzerrung wird für den magnetischen Tonabnehmer im Entzerrer-Vorverstärker vorgenommen, der zugleich auch die vom Tonabnehmer gelieferte geringe Spannung verstärkt. Beim Kristalltonabnehmer und auch beim keramischen Tonabnehmer ist eine solche Entzerrung nicht notwendig, da diese von sich aus bereits die Bässe ausreichend anheben und die Höhen senken. Außerdem liefern sie auch eine weitaus höhere Spannung. HiFi-Verstärker haben deshalb getrennte Eingänge für beide Typen von Tonabnehmern.

Physiologische Lautstärkeregelung. Bei abnehmender Lautstärke wird das menschliche Ohr sowohl für die tiefen wie auch für die hohen Töne in zunehmendem Maße unempfindlicher. Um auch bei leiser Wiedergabe den gleichen Höreindruck zu vermitteln, müssen im Verstärker die Bässe und Höhen entsprechend angehoben werden. Beim physiologischen Lautstärkeregler geschieht dies automatisch beim Zurückdrehen der Lautstärke. Ähnlich regulierend wirkt auch der bei vielen Geräten vorhandene Intimschalter für leise Wiedergabe.

Playback bezeichnet im Englischen jede Wiedergabe einer Aufzeichnung. Dieser Begriff wird bei uns unkorrekt auch für Überspielungen verwendet.

Präsenz ist die Charakterisierung einer Lautsprecherwiedergabe, bei der der Klang nicht verdeckt oder aus dem Lautsprecherkasten zu kommen scheint, sondern frei im Raume empfunden wird.
Ein Präsenzschalter im HiFi-Verstärker hebt den oberen Mittelwellenbereich (3 bis 5 kHz) hervor, wodurch das Klangbild besonders bei Sprache und Gesang wesentlich klarer erscheint.

Rauschabstand gibt das Verhältnis von Rausch- und Nutzpegel in Dezibel an.

Rauschunterdrückung. Mit Hilfe einer Rauschsperre können beim UKW-Empfang die zwischen den Sendern auftretenden Störungen unterdrückt werden. Die dadurch ermöglichte Stummabstimmung ist angenehm.

Regelumfang ist der in Dezibel ausgedrückte Bereich, in dem Balance-, Baß- oder Höhenregler wirksam sind.

Richtcharakteristik. Ein der Abstrahlcharakteristik entsprechender Begriff, der bei Mikrofonen die Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Richtung des Schalls angibt. Man unterscheidet Kugel-, Achter- und Nierencharakteristik.
Bei Antennen kennzeichnet sie als Empfangskeule die bevorzugte Empfangsrichtung und den Verlauf der Empfangsempfindlichkeit, was besonders beim Empfang stereofoner Sendungen wichtig ist.

Rumpeln. Beim Antrieb von Plattentellern können Störgeräusche im Bereich der tiefen Frequenzen entstehen, die als Rumpeln bezeichnet werden. Auch die Oberfläche der Schallplatte kann zu ähnlichen Störungen Anlaß geben. Zur Unterdrückung solcher Störungen besitzen HiFi-Verstärker einschaltbare Rumpelfilter.

Scating. Durch die Führung der Tonabnehmernadel in der spiraligen Schallplattenrille entsteht eine nach innen gegen die Plattenmitte gerichtete Kraft. Damit wird der Nadeldruck auf die beiden Flanken der Rille ungleich und beeinträchtigt die Wiedergabe. Mit Hilfe eines regelbaren Gewichtszuges oder einer verstellbaren Feder kann diese Kraft kompensiert werden.

Schalldruck. Der Schalldruck kennzeichnet die Lautstärke. Er bezeichnet den durch die Schallschwingungen hervorgerufenen wechselnden Druck.

Schnelle ist die Geschwindigkeit, mit der der Schneidstichel und die Abtastnadel durch die Modulationen der Rille seitlich abgelenkt werden. Die Maßeinheit ist Zentimeter pro Sekunde (cm/s). Bei Stereoschallplatten mit 33 UpM ist die Schnelle nach DIN für 1000 Hertz und Vollaussteuerung auf 8 cm/s genormt.

Selektivität nennt man das Trennvermögen eines Empfängers für in ihrer Frequenz benachbarte Sender.

Stereoanzeige. Das Vorhandensein einer Stereosendung wird mit Hilfe des im Stereosignal enthaltenen Pilottons angezeigt. Dabei kann ein Lichtsignal oder eine Farbklappe betätigt werden.

Stereobasis ist der Abstand der beiden Lautsprecherboxen einer Stereoanlage. Er hängt von den Raumverhältnissen ab und beträgt etwa zwei Drittel des Abstandes der Zuhörer von der Verbindungslinie der beiden Boxen. Er soll in Wohnräumen 2 Meter nicht unterschreiten und über 3,5 Meter nicht hinausgehen.

Stereodecoder dienen zur Entschlüsselung des Stereosignals in Stereoempfängern. Die Qualität des Decoders bestimmt das Maß der Kanaltrennung und den Klirrgrad der Wiedergabe.
In modernen Decodern wird auch automatisch auf Stereowiedergabe umgeschaltet, sobald der Pilotton vom Empfänger aufgenommen wird. Dabei kann die Ansprechschwelle der Umschaltung bei hochwertigen Geräten auch noch so eingestellt werden, daß die Umschaltung nur bei ausreichend starkem Antennensignal erfolgt.

Stroboskop ist ein Mittel zur Feststellung der korrekten Drehzahl von Plattentellern. Die Stroboskopteilung zeigt eine Folge von schwarzen und weißen Feldern oder Punkten. Beleuchtet man eine solche bewegte Teilung mit Lichtimpulsen und wandert die Teilung während der Dunkelphase gerade um einen Teilerabstand weiter, dann scheint sie für unser Auge stillzustehen. Bei schnellerem Lauf wandert die Teilung in der Drehrichtung vorwärts, bei langsamerem entgegengesetzt. Als Lichtquelle dient eine mit der Wechselstromfrequenz von 50 Hertz pulsierende Glimmlampe.

Synchronmotor ist ein Wechselstrommotor, der genau synchron, das heißt: taktgleich, mit der Netzfrequenz läuft. Seine Drehzahl wird von Spannungsschwankungen nicht beeinflußt.

Tape Deck nennt man Tonbandgeräte ohne eingebaute Endstufen und ohne Lautsprecher zum direkten Anschluß an den Verstärker der HiFi-Anlage.

Tonabnehmersystem heißt die Vorrichtung zum Abtasten von Schallplatten, die aus den Bewegungen der an ihm befestigten Abtastnadel elektrische Spannungen gewinnt. Man unterscheidet magnetische, dynamische, keramische und Kristallsysteme. Für die HiFi-Wiedergabe werden nur magnetische und dynamische Systeme verwendet. Sie arbeiten mit einem winzigen bewegten Magneten in einer festen Spule oder mit einer bewegten Spule in einem Magnetfeld.

Tonarm. Er soll das Tonabnehmersystem möglichst so über die Schallplatte führen, als ob er selbst nicht vorhanden wäre. Da die eigentliche Führung des Tonabnehmersystems uns mit Hilfe der Abtastnadel durch die Schallplattenrille erfolgt, muß die Lagerreibung des Tonarms möglichst gering sein. Er darf auch keine Eigenfrequenzen im Tonfrequenzbereich haben. Das Tonabnehmersystem ist im Tonarmkopf nach internationalen Normen befestigt. Zum Ausgleich seines Gewichtes und zur Herstellung der günstigsten Auflagekraft sind HiFi-Tonarme mit beweglichen Gegengewichten an ihrem rückwärtigen Ende versehen.

Tonarmlift nennt man eine mechanische Vorrichtung, die das Aufsetzen und das Abheben des Tonarmes zu besorgen hat.

Tonwelle heißt die mit hoher Präzision geschliffene Welle auf der Schwungmasse im Tonbandgerät. Sie besorgt beim Andrücken des Bandes mit Hilfe der Gummiandruckrolle den Bandtransport.

Trennschärfe. Dieser Begriff entspricht der Selektivität und bedeutet die Fähigkeit eines Rundfunkempfängers, auf der Skala benachbarte Sender zu trennen. Sie wird von der Qualität des Zwischenfrequenzverstärkers bestimmt.

Tuner. Das ist der Hochfrequenzteil eines Rundfunkempfängers samt Demodulator und Decoder. Er liefert das niederfrequente Signal zur Aussteuerung eines HiFi-Verstärkers.

Übersprechdämpfung nennt man das in dB ausgedrückte Maß für die Trennung der beiden Kanäle der Stereofonie. Je weniger das Nutzsignal von einem Kanal als Störsignal in den anderen Kanal überspricht, um so besser ist die Kanaltrennung.

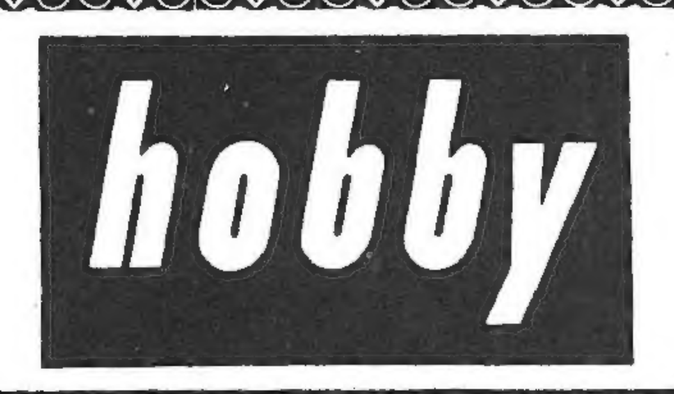
Unendliche Schallwand heißt eine möglichst große, schwingungssteife Platte, in deren Mitte ein Lautsprecherchassis montiert wird. Dieses braucht dabei nicht in einen Kasten gesetzt zu werden, da die Wandfläche die gegenseitige Beeinflussung der vorderen und rückseitigen Schallabstrahlung verhindert. Für eine untere Frequenz von 50 Hz bei der Wiedergabe wird ein Schallwanddurchmesser von etwa 2,20 Metern erforderlich.

Verzerrungen sind alle Abweichungen des Frequenzverlaufes der Wiedergabe vom Original. Lineare Verzerrungen entstehen, wenn bestimmte Frequenzen durch frequenzabhängige Schaltelemente bevorzugt, geschwächt oder ganz ausgelassen werden. Der Hörer empfindet sie zwar als Veränderungen des Klangbildes, aber nicht als störend. Nichtlineare Verzerrungen entstehen, wenn im Original nicht vorhandene Frequenzen durch Schaltelemente ohne geradlinige Charakteristik erzeugt werden. Zu ihnen gehören auch Intermodulationsverzerrungen durch Interferenz verschiedener Frequenzen, wobei neue Frequenzen gebildet werden.
Auch mechanische Teile können bei Erregung in ihrer Eigenfrequenz solche Verzerrungen hervorrufen. Verzerrungen werden als unangenehm empfunden und in ihrer Gesamtheit als Klirrverzerrungen bezeichnet, deren Anteil in Prozent angegeben wird. Bei Verstärkern führt man meist die Intermodulationsverzerrungen besonders an.

Wow sind im Bereich der tiefen Frequenzen liegende Gleichlaufschwankungen eines Plattentellers.

Zeitkonstante. Die Anhebung oder Dämpfung bestimmter Frequenzen wird mit Hilfe von Schaltungen aus Kondensatoren, Drosseln oder Widerständen vorgenommen. Derartige Filter oder Entzerrer aus Widerständen (R) und Kondensatoren (C) heißen RC-Glieder. Als Maß für ihre Wirkung gilt das Produkt $R \times C$, das als Sekunde bezeichnet wird. Der millionste Teil davon heißt Mikrosekunde (µs) und wird als Zeitkonstante der Entzerrung bezeichnet.

Zwischenfrequenz (Zf). Beim Rundfunkempfänger wird aus der Senderfrequenz und der im Gerät erzeugten Oszillatorfrequenz die Zwischenfrequenz gebildet. Sie ist für UKW-Empfänger auf 10,7 MHz genormt und beträgt bei AM (Kurz-, Mittel- und Langwelle) meist 460 kHz. Im Zf-Verstärker des Empfängers wird sie auf den zur Demodulation nötigen Betrag verstärkt.



Bücherei

Die hobby-Bücherei 1966 ....

Band 1 Der große Auto-Salon
Modelle von gestern und heute

Band 2 Gewußt wie
Wissen und Technik auf einen Blick

Band 3 Kampf um Mach 1
Die Geschichte des größten Abenteuers der Luftfahrt

Band 4 Meisterfotos und wie man sie macht Folge 1

Band 5 Auto-Stars
Modelle von gestern, heute und morgen

Band 6 Verbrecher im Netz der Technik
Chemie und Elektronik gegen Mörder und Banditen

Band 7 Meisterfotos und wie man sie macht. Folge 2

Band 8 Revolution aus der Retorte
Geheimnisvolle Welt der Kunststoffe

Die Bände 1 - 7 sind noch in geringer Auflage vorrätig

.... und 1967!

Band 9 Zauberwort Stereo
Musik hören — aber wie

Band 10 Wohnen mit Kniff und Pfiff
Von der Kellerbar bis zum Dachstudio
Originelle Ideen für Haus und Garten

Band 11 Raumfahrt — das große Abenteuer
Das Wettrennen zum Mond

Band 12 Weltmacht Fernsehen
Blick hinter den farbigen Bildschirm

Band 13 Sport und Technik
Das aktuelle Buch zum Olympiajahr

Band 14 Alles über Film und Filmen
Von der Flimmerkiste zum Super 8-Heimkino

Weitere interessante Informationen über das hobby-Buchprogramm 1967 senden wir Ihnen gerne auf Wunsch zu! Postkarte genügt!

EHAPA-VERLAG GMBH, 7 Stuttgart 1, Postfach 1215, Abt. k



Wunder des räumlichen Hörens — Höchste Naturtreue in der Musikwiedergabe — Konzertsaal in den eigenen vier Wänden . . . Das sind nur einige der Superlative, die seit Jahren spontan aneinandergereiht werden, wenn irgendwo von Stereoklang und High-Fidelity-Qualität die Rede ist. Die beiden Begriffe sind populär geworden und haben dennoch kaum etwas eingebüßt von dem Rätselhaften, das sie umgab, als sie sich eines Tages vorstellten und verbreiteten. Sie waren die Lösung eines komplizierten technischen Problems. Die Lautsprecher wurden plötzlich zu Musikinstrumenten von höchster Reinheit. Die faszinierende Technik, die das möglich machte, ist der Inhalt dieses neuen hobby-Buches.

4,80 DM/29,– ö.S./4.90 sfrs.
US $ 1,80/4,80 hfl/65,– bfrs.